

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62103

Première édition
First edition
2003-07

**Equipements électroniques utilisés
dans les installations de puissance**

**Electronic equipment for use
in power installations**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62103:2003

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)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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
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)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62103

Première édition
First edition
2003-07

**Equipements électroniques utilisés
dans les installations de puissance**

**Electronic equipment for use
in power installations**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XG**

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	16
4 Exigences système	38
4.1 Fonctionnement normal	38
4.2 Dommages corporels ou matériels	38
4.3 Défaut à la terre d'un EE alimenté par un réseau isolé de la terre.....	40
4.4 Exigences pour la mise à la terre.....	40
4.5 Câblage	40
4.6 Fusibles dans les conducteurs de neutre et de protection	42
5 Exigences de sécurité.....	42
5.1 Exigences générales	42
5.2 Exigences concernant la protection contre les chocs électriques de l'EE	46
5.3 Exigences pour la protection contre les chocs électriques des EE dans les installations	118
6 Exigences et conditions dues à l'environnement	124
6.1 Conditions climatiques.....	124
6.2 Exigences mécaniques (générales).....	130
6.3 Exigences électriques et électromagnétiques.....	132
7 Exigences constructives de l'équipement électronique	138
7.1 Conception et construction	138
7.2 Marquage, identification, documentation.....	146
8 Exigences pour l'intégration des EE.....	152
8.1 Généralités	152
8.2 Tolérances de montage après assemblage	152
8.3 Réseau d'alimentation	152
9 Essais.....	158
9.1 Généralités	158
9.2 Conformité à cette norme	164
9.3 Synthèse des essais	164
9.4 Réalisation des essais	168
Annexe A (informative) Informations supplémentaires	202
Bibliographie	286

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	17
4 Requirements for the entire system	39
4.1 Normal function	39
4.2 Damage to persons or material	39
4.3 EE connected to unearthed supply mains under earth fault conditions	41
4.4 Earthing requirements	41
4.5 Wires and cables for interconnection	41
4.6 Fuses in neutral and protective conductors	43
5 Safety requirements	43
5.1 General requirements	43
5.2 Requirements for EE with regard to protection against electric shock	47
5.3 Requirements for EEs in installations with regard to protection against electric shock	119
6 Environmental requirements and conditions	125
6.1 Climatic conditions	125
6.2 Mechanical requirements (General)	131
6.3 Electrical and electromagnetic requirements	133
7 Requirements for electronic equipment	139
7.1 Design and construction	139
7.2 Marking, identification, documentation	147
8 Requirements for the assembly of EE(s)	153
8.1 General	153
8.2 Fitting tolerances after assembly	153
8.3 Supply mains	153
9 Testing	159
9.1 General	159
9.2 Compliance with this standard	165
9.3 Overview of tests	165
9.4 Performance of the tests	169
Annex A (informative) Additional information	203
Bibliography	287

COMMISSION ÉLECTRONIQUE INTERNATIONALE

EQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS DANS LES INSTALLATIONS DE PUISSANCE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente, les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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 62103 a été établie par le comité d'études 22 de la CEI: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Le texte de cette norme est fondé sur la Norme Européenne EN 50178 préparée par le CENELEC/BTTF 60-1: Ensemble d'équipements électroniques.

Il a été soumis aux comités nationaux pour vote dans le cadre de la procédure de suivi rapide selon les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22/91/FDIS	22/92/RVD

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

La présente publication a été préparée conformément aux directives de l'ISO/CEI, Partie 2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC EQUIPMENT FOR USE
IN POWER INSTALLATIONS**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62103 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

The text of this standard is based on the European Standard EN 50178, prepared by the CENELEC Task Force BTTF 60-1: Assembly of electronic equipment.

It was submitted to the National Committees for voting under the Fast Track Procedure as the following documents:

FDIS	Report on voting
22/91/FDIS	22/92/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 not been drafted in full accordance with the ISO/IEC Directives, Part 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.

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

Ainsi que l'indique le titre, cette Norme internationale s'applique aux équipements électroniques montés ou utilisés dans une installation de puissance. Le terme équipement électronique (EE) désigne aussi bien un équipement pouvant contenir du traitement numérique de l'information que de l'électronique de puissance ou des composants non électroniques. Les équipements électroniques peuvent être conçus pour être utilisés en tant que produits séparés, ou comme des sous-ensembles montés en armoires, ou comme des unités embrochables, ou des cartes de circuits imprimés assemblées. Dans tous les cas, les exigences de CEM doivent toujours être satisfaites au niveau de l'ensemble de l'appareil ou du système.

Dans cette norme le terme «installation de puissance» désigne une installation dans laquelle les équipements électroniques et électriques sont associés pour une action coordonnée, et reliés à un réseau d'alimentation électrique. Bien que son utilisation finale ne soit pas définie, sa fonction principale est le pilotage, la régulation et la conversion de l'énergie électrique. Dans tous les cas, pour la présente norme, une «installation de puissance», par influence réciproque, réagit sur le réseau d'alimentation, soit directement, par le pilotage, la régulation, ou les dispositifs de protection, soit indirectement, par des systèmes de mesure qui entraînent une intervention de personnel. Cependant, dans d'autres normes, l'expression «Installation de Puissance» peut avoir d'autres définitions.

Cette norme s'applique principalement lorsqu'un équipement électronique est intégré, ou utilisé dans une installation de puissance. Comme cette norme traite aussi bien de la conception que des essais des équipements électroniques, les articles correspondants s'appliqueront si les normes de produits particulières ne contiennent pas d'autres spécifications applicables.

En outre, l'objet principal de cette norme est de spécifier les exigences minimales de conception et de fabrication concernant la protection contre les chocs électriques, les essais, et l'intégration de l'électronique dans un système de puissance. Dès le début des travaux, et reflétant en cela l'expérience des experts, il a semblé nécessaire pour obtenir un niveau technique convenable, de spécifier des exigences minimales de sécurité et de fiabilité. Ceci est particulièrement valable pour un équipement électronique monté dans une installation de puissance.

Dans tous les cas où les normes de produits ou les spécifications d'achat ont des exigences plus sévères, ces dernières seront prioritaires sur celles de la présente norme. Ces exigences peuvent être dictées soit par des considérations de sécurité liées aux applications d'équipement électronique, soit par des conditions d'utilisation dans un environnement spécial.

Dans les autres cas où les spécifications de la norme de produit sont inférieures aux exigences minimales de cette norme, cela interdit l'utilisation directe d'un équipement conçu et fabriqué suivant ces spécifications, et nécessite l'adjonction de mesures supplémentaires lors de l'incorporation. Une possibilité, pour atteindre la compatibilité avec la présente norme, est d'influencer les conditions de l'environnement dans lequel l'équipement est utilisé, par exemple, avec l'adjonction d'une enveloppe spéciale, ou de dispositifs de filtrage. L'autre possibilité consiste à modifier l'équipement électronique jusqu'à ce qu'il atteigne le niveau requis par cette norme.

INTRODUCTION

As the title indicates this International Standard applies where electronic equipment (EE) is to be installed or is used in power installations. The term electronic equipment denotes equipment which may contain information technology equipment as well as power electronic equipment and non-electronic components. Electronic equipment may be designed and used as stand-alone-equipment or as sub-assemblies built as cubicles, plug-in-units or assembled printed circuit boards. However the EMC requirements are always to be fulfilled on the apparatus or system level.

The term power installation as used in this standard denotes an installation with assembled electrical and electronic equipment in a given location and designed for coordinated operation and connected to an electricity supply system. Although the use of the installation is not specified it is expected that the main purpose will be controlling, regulating and converting electrical energy. In all cases in this standard a power installation is interacting with the electricity supply system, either directly e.g. by means of control, regulating and protection system, or indirectly e.g. by means of measurements leading to intervention by personnel. However, power installation as used in other standards may have other definitions.

This standard mainly applies where electronic equipment is integrated into or is used in power installations. As the standard is also concerned with the design and testing of electronic equipment, the appropriate clauses within it apply in cases where no other applicable specifications exist in individual product standards.

Beyond that the main intention of the standard is to stipulate minimum requirements for the design and manufacture of electronic equipment, for protection against electric shock, for testing and for the integration into systems for power installations. Right from the beginning and reflecting the experiences of the experts it seems necessary to use minimum requirements in order to achieve a certain technical level with respect to safety and reliability. This is especially true where electronic equipment is assembled into power installations.

In all cases where more severe requirements are defined in individual product standards or purchasing specifications they shall take precedence over the requirements of this standard. This may be true for special safety related applications of electronic equipment or applications under special environmental conditions.

In the other cases where a product standard does not meet the minimum requirements of this standard and therefore prevents the direct use of electronic equipment designed and manufactured fulfilling the requirements of those product standards additional means have to be considered in power installations. One possibility is to influence the environmental conditions in which the electronic equipment is operating so that they are compatible with the requirements of this standard. This can be done by special casing or means of filtering for example. The other possibility is to improve the electronic equipment so that it meets the requirements of this standard.

EQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS DANS LES INSTALLATIONS DE PUISSANCE

1 Domaine d'application

Cette Norme internationale s'applique à l'utilisation d'équipements électroniques (EE) dans les installations de puissance où un niveau technique uniforme est nécessaire en ce qui concerne la sécurité et la fiabilité. Elle s'applique également aux EE qui ne sont pas couverts par une norme de produit spécifique.

Cette norme spécifie les exigences minimales de conception, de fabrication, de protection contre les chocs électriques, d'essais et d'intégration des EE raccordés à une source d'alimentation secteur basse tension (non supérieure à 1 000 V c.a. ou à 1 500 V c.c.), dans des systèmes comprenant de la puissance.

Les applications suivantes sont exclues du domaine d'application: accessoires et appareillage électriques à usage domestique ou similaire, équipement médical, équipement ferroviaire électrique, matériel de traitement de l'information ne pilotant pas un système ou un processus, équipement et réseaux de télécommunication ou de radiodiffusion domestique privé ou public, relais de protection, relais de protection à courant différentiel-résiduel, alimentation sans interruption, équipement d'éclairage, poste public de recharge de batterie pour véhicules électriques.

2 Références normatives

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

CEI 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60050-195, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

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

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-2-2:1974, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essais B: Chaleur sèche*

Amendement 1 (1993)

Amendement 2 (1994)

CEI 60068-2-3:1969, *Essais d'environnement. Deuxième partie: Essais. Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

ELECTRONIC EQUIPMENT FOR USE IN POWER INSTALLATIONS

1 Scope

This International Standard applies to the use of electronic equipment (EE) in power installations where a uniform technical level with respect to safety and reliability is necessary. This standard also applies to EE which are not covered by a specific product standard.

This standard defines the minimum requirements for the design and manufacture of EE connected to low-voltage (not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.) mains supplies, for protection against electric shock, for testing and its integration into systems for power installations.

This standard does not cover the following applications: Electrical accessories and electrical appliances for household and similar purposes, medical equipment, electric railway equipment, data processing without control on systems and processes, public and private non-industrial telecommunication and radio communication equipment and networks, protection relays, residual-current-operated protective devices, uninterruptible power supplies, lighting equipment and public charging equipment for electrical vehicles.

2 Normative references

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

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electro-magnetic compatibility*

IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

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

IEC 60060-1:1989, *High voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-2:1974, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test B: Dry heat*
Amendment 1 (1993)
Amendment 2 (1994)

IEC 60068-2-3:1969, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

CEI 60068-2-6:1995, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-31:1969, *Essais d'environnement. Deuxième partie: Essais. Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels*
Amendement 1 (1982)

CEI 60068-3-4:2001, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

CEI 60112:1979, *Méthode pour déterminer des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

CEI 60146-1-1:1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 60227 (toutes les parties): *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 60269-1:1998, *Fusibles basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60297-1:1986, *Dimensions des structures mécaniques de la série de 482,6 mm (19 in). Première partie: Panneaux et bâtis*

CEI 60352-1:1997, *Connexions sans soudure – Partie 1: Connexions enroulées – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

CEI 60352-2:1990, *Connexions sans soudure. Deuxième partie: Connexions serties sans soudure – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

CEI 60364-1:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

CEI 60364-4-41:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-43:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités*

CEI 60364-5-52: 2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations*

CEI 60364-5-54:1980, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Mises à la terre et conducteurs de protection*
Amendement 1 (1982)

CEI 60364-6-61:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 6-61: Vérification – Vérification à la mise en service*

CEI 60417-1:2000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Partie 1: Vue d'ensemble d'application*

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-31:1969, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Ec: Drop and topple, primarily for equipment-type specimens*
Amendment 1 (1982)

IEC 60068-3-4:2001, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Terms, definitions, principle and rules*

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

IEC 60112:1979, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulation materials under moist conditions*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line-commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60227 (all parts), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60269-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60297-1:1986, *Dimensions and mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series – Part 1: Panels and racks*

IEC 60352-1:1997, *Solderless connections – Part 1: Wrapped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60352-2:1990, *Solderless connections – Part 2: Solderless crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60364-1:2001, *Electrical installations of buildings – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-52:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-54:1980, *Electrical installation of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors*
Amendment 1 (1982)

IEC 60364-6-61:2001, *Electrical installations of buildings – Part 6-61: Verification – Initial verification*

IEC 60417-1:2001, *Graphical symbols for use on equipment – Part 1: Overview and application*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60654-3:1983, *Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels – Troisième partie: Influences mécaniques*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*
Amendement 1 (2000)

CEI 60664-3:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtements pour réaliser la coordination de l'isolement des cartes imprimées équipées*

CEI 60721-3-1:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1: Stockage*

CEI 60721-3-2:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport*

CEI 60721-3-3:1994, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

CEI 60721-3-4:1995, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

CEI 60747 (toutes les parties), *Dispositifs à semi-conducteurs – Dispositifs discrets*

CEI 60748 (toutes les parties), *Dispositifs à semi-conducteurs – Circuits intégrés*

CEI 60755:1983, *Règles générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*
Amendement 1 (1988)
Amendement 2 (1992)

CEI 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

CEI 61000-2-1:1990, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Deuxième partie: Environnement – Section 1: Description de l'environnement – Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation*

CEI 61000-6-1:1997, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6: Normes génériques – Section 1: Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

CEI 61000-6-2:1999, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

CISPR 61000-6-3:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6: Normes génériques – Section 3: Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP-Code)*

IEC 60654-3:1983, *Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment – Part 3: Mechanical influences*

IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
Amendment 1 (2000)

IEC 60664-3:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coatings to achieve insulation co-ordination of printed board assemblies*

IEC 60721-3-1:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

IEC 60721-3-2:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60747 (all parts), *Semiconductor devices – Discrete devices*

IEC 60748 (all parts), *Semiconductor devices – Integrated circuits*

IEC 60755:1983, *General requirements for residual current operated protective devices*
Amendment 1 (1988)
Amendment 2 (1992)

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61000-2-1:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 1: Immunity for residential, commercial and light industrial environments*

IEC 61000-6-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 3: Emission standard for residential, commercial and light industrial environments*

CEI 61000-6-4:1997, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6: Normes génériques – Section 4: Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

CEI 61008-1:1996, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel pour usages domestiques et analogues sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé (ID) – Partie 1: Règles générales*

CEI 61136-1:1992, *Convertisseurs de puissance à semi-conducteurs – Entraînements électriques à vitesse variable – Prescriptions générales – Partie 1: Spécifications de dimensionnement, en particulier pour les entraînements à moteurs à courant continu*

CEI 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

CEI 61201:1992, *Très basse tension (TBT) – Valeurs limites*

CEI Guide 106:1996, *Guide pour la spécification des conditions d'environnement pour la fixation des caractéristiques de fonctionnement des matériels*

ISO 9000 (toutes les parties), *Systèmes de management de la qualité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

circuits adjacents

circuits électriques séparés du circuit considéré par l'isolation nécessaire, principale ou double/renforcée

NOTE Les circuits isolés par plus qu'une isolation double ou renforcée ne sont pas considérés comme adjacents.

3.2

température de l'air ambiant

la température mesurée à mi-distance de tout équipement voisin, mais pas à plus de 300 mm de l'enceinte, à mi-hauteur de celle-ci, en un point abrité du rayonnement thermique direct de l'équipement

[CEI 60146-1-1]

3.3

appareil

un produit fini ayant une fonction intrinsèque, destiné à un utilisateur final, et destiné à être mis sur le marché ou mis en service en une seule entité commerciale

3.4

isolation principale

isolation des parties actives, destinée à assurer la protection principale contre les chocs électriques

[CEI 61140, modifiée]

IEC 61000-6-4:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments*

IEC 61008-1:1996, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) – Part 1: General rules*

IEC 61136-1:1992, *Semiconductor power converters – Adjustable speed electric drive systems – General requirements – Part 1: Rating specifications, particularly for d.c. motor drives*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC 61201:1992, *Extra-low voltage (ELV) – Limit values*

IEC Guide 106:1996, *Guide for specifying environmental conditions for equipment performance rating*

ISO 9000 (all parts), *Quality management systems*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

adjacent circuits

electric circuits which are separated from the considered circuit by the necessary basic or double/reinforced insulation

NOTE Circuits which are separated by far more than double or reinforced insulation are not considered to be adjacent.

3.2

ambient air temperature

temperature measured at half the distance from any neighbouring equipment, but not more than 300 mm distance from the enclosure, at middle height of the equipment, protected from direct heat radiation from the equipment

[IEC 60146-1-1]

3.3

apparatus

a finished product with an intrinsic function intended for the final user and intended to be placed on the market or put into service as a single commercial unit

3.4

basic insulation

insulation applied to hazardous-live parts to provide basic protection against electric shock under fault-free conditions

[IEC 61140, modified]

3.5

circuit électrique

un circuit électrique d'un EE comprend les pistes de passage de courant aux composants ou à leur assemblage, les conducteurs, les bornes, et les dispositifs internes de l'EE reliés ensemble par des connexions électriques

NOTE 1 Si les systèmes électriques sont reliés galvaniquement uniquement par l'intermédiaire d'une terre, ils sont considérés comme étant des circuits séparés.

NOTE 2 On entend par «liaison galvanique» une liaison électrique directe (équipotentielle) et une liaison par l'intermédiaire de composants tels que résistance, condensateurs, selfs de filtrage, dispositifs semi-conducteurs, interrupteurs et fusibles. Par contre, le couplage au moyen d'un transformateur ou d'un dispositif optocoupleur ou similaire ne répond pas à cette définition.

NOTE 3 Le circuit d'un EE muni d'une séparation de protection est protégé par celle-ci de tous les circuits adjacents.

3.6

local électrique fermé

salles ou endroits exclusivement réservés pour abriter des installations électriques, et qui sont maintenus verrouillés, l'ouverture ne pouvant être faite que par des personnes autorisées, et l'accès étant réservé au personnel habilité lorsqu'il est sous tension

NOTE En font partie: les salles fermées de disjoncteurs, les locaux de distribution, les cellules de transformateurs et de disjoncteurs, les systèmes de distribution électrique montés dans des enveloppes métalliques ou dans des installations fermées.

3.7

compatibilité (électromagnétique)

aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement

[VEI 161-01-07]

3.8

niveau de compatibilité (électromagnétique)

niveau de perturbation spécifié pour lequel il devrait exister une forte et acceptable probabilité de compatibilité électromagnétique

[VEI 161-03-10, modifiée]

NOTE Dans la pratique, le niveau de compatibilité électromagnétique n'est pas une valeur maximale absolue, mais peut être dépassé d'une petite probabilité.

3.9

composant

tout élément appelé à entrer dans la composition d'un dispositif ou appareil et ne possédant pas lui-même de fonction intrinsèque pour l'utilisateur final

3.10

circuit considéré

circuit électrique particulièrement examiné en ce qui concerne ses essais diélectriques ou son isolement par rapport aux surfaces accessibles ou par rapport aux circuits adjacents

3.11

(action de) pilotage

dans la présente norme, comprend le contrôle de processus manuel et automatique

NOTE Cette définition s'applique aux EE incorporant un superviseur et un système d'acquisition de données ou d'autres systèmes de contrôle de processus.

3.12

milieu de refroidissement

un liquide (l'eau par exemple) ou un gaz (par exemple l'air) susceptible d'absorber la chaleur produite par l'équipement

3.5**(electrical) circuit**

current paths of components or assemblies, conductors, terminals and items of equipment located within the EE and connected to each other by electrically conducting connections

NOTE 1 If electrical systems are conductively connected via earth only, then they are regarded as separate circuits.

NOTE 2 The clause "conductively connected" means the direct electrical connection and the connection via components such as resistors, capacitors, choke-coils, semiconductor devices, switches and fuses, but not, however, coupling by means of transformers or opto-electronic devices or similar.

NOTE 3 A protectively separated circuit of EE has protective separation from all adjacent circuits.

3.6**closed electrical operating area**

room or location which is exclusively used as an enclosure for operation of electrical installations and is kept locked; the lock is only opened by authorized persons, and access whilst energised is allowed only to skilled persons

NOTE To these locations belong for example closed switchplants, distribution plants, switchgear cells, transformer cells, distribution systems in metal-sheet enclosures or in other closed installations.

3.7**(electromagnetic) compatibility**

ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbance to anything in that environment

[IEV 161-01-07]

3.8**(electromagnetic) compatibility level**

the specified electromagnetic disturbance level expected to be impressed on a device, equipment or system operated in particular conditions

[IEV 161-03-10]

NOTE In practice, the electromagnetic compatibility level is not an absolute maximum, but may be exceeded by a small probability.

3.9**component**

item used in the composition of a device or apparatus and without intrinsic function for the final user

3.10**considered circuit**

electrical circuit which is under consideration concerning its dielectric tests or its insulation to accessible surfaces or to adjacent circuits

3.11**control (action)**

manual or automatic control of processes

NOTE It would apply to EE in which control action is incorporated within supervisory control and data acquisition systems and other process control systems.

3.12**cooling medium**

liquid (for example water) or gas (for example air) which removes heat from the equipment

3.13

température du milieu de refroidissement pour refroidissement par air ou par gaz

température moyenne mesurée en des points distants de 50 mm de l'entrée à l'extérieur de l'équipement

3.14

température du milieu de refroidissement pour refroidissement par liquide

température mesurée dans la canalisation à 100 mm en amont de l'entrée du liquide dans l'équipement

3.15

tension déterminante

tension prenant en compte les formes d'onde non sinusoïdales (voir 5.2.13) et définissant les limites à utiliser entre TBT, basse tension et haute tension

NOTE Ces limites sont utilisées pour déterminer les exigences concernant la mise à la terre de protection lors de l'étude des distances d'isolement et des lignes de fuite pour l'application des mesures de protection.

3.16

dispositif

une combinaison de composants ayant une fonction donnée, entrant dans la composition d'un équipement, d'un appareil ou d'un système

NOTE 1 Par exemple: thermostat, relais, bouton-poussoir, disjoncteur ou contacteur.

NOTE 2 Les termes «composants» et «dispositifs» sont utilisés en association dans cette norme.

3.17

contact direct

contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des parties actives

[VEI 826-03-05]

3.18

perturbation (électromagnétique)

phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil, ou d'un système, ou d'affecter défavorablement la matière vivante ou inerte

[VEI 161-01-05]

NOTE Une perturbation électromagnétique peut être un bruit électromagnétique, un signal non désiré ou une modification du milieu de propagation lui-même.

3.19

double isolation

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

[VEI 195-06-08]

NOTE Les isolations principales et supplémentaires sont séparées, chacune d'elle étant définie pour la protection principale contre les chocs électriques.

3.20

équipement 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]

NOTE Cela inclut les sous-ensembles, les matériels (tels que les circuits imprimés équipés, le matériel portatif, les armoires) et les installations définies contractuellement.

3.13**cooling medium temperature for air or gas cooling**

average temperature measured outside the equipment at points 50 mm from the inlet to the equipment

3.14**cooling medium temperature for liquid cooling**

temperature measured in the liquid pipe 100 mm upstream from the liquid inlet

3.15**decisive voltage**

voltage, taking into account non-sinusoidal waveforms (see 5.2.13), defining the borderlines to be used between extra-low-voltage, low voltage and high voltage

NOTE These borderlines are used to determine the requirements of protective earthing when designing clearances and creepage distances for the arrangement of protective measures.

3.16**device**

combination of components having a given function, forming a part or a piece of an equipment, apparatus or system

NOTE 1 For example, thermostat, relay, push buttons, switch or contactor.

NOTE 2 The terms "component" and "device" are used side by side in this standard.

3.17**direct contact**

contact of persons or livestock with live parts

[IEV 826-03-05]

3.18**(electromagnetic) disturbance**

electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter

[IEV 161-01-05]

NOTE An electromagnetic disturbance may be an electromagnetic noise, an unwanted signal or a change in the propagation medium itself.

3.19**double insulation**

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[IEV 195-06-08]

NOTE Basic and supplementary insulation are separate, each designed for basic protection against electric shock.

3.20**electrical equipment**

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

[IEV 826-07-01]

NOTE This includes sub-assemblies, equipment (such as assembled printed circuit boards, plug-in units, cubicles) and installations as defined in the contract.

3.21

réseau d'alimentation

réseau de distribution d'énergie électrique servant à alimenter différents utilisateurs, par un ou plusieurs producteurs d'énergie

NOTE Les utilisateurs peuvent être indépendants les uns des autres, leur type et leur nombre sont variables, et ils peuvent être connectés ou déconnectés de façon arbitraire.

3.22

équipement électronique

EE

équipement électrique dont la fonction principale est réalisée par des composants utilisant la circulation des électrons ou des ions dans les semi-conducteurs, dans le vide, ou dans un gaz

NOTE 1 L'équipement électronique comporte de l'appareillage de traitement de données et/ou d'électronique de puissance pour la réalisation de sa fonction principale. Il peut également contenir des composants ou des ensembles non électroniques.

NOTE 2 Cela inclut des sous-ensembles et des matériels tels que circuits imprimés équipés, tiroirs et armoires.

3.23

très basse tension

TBT

toute tension ne dépassant pas une valeur limite généralement admise de 50 V c.a. et de 120 V c.c. (sans ondulation)

3.24

émission (électromagnétique)

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[VEI 161-01-08]

3.25

niveau d'émission (électromagnétique) (d'une source de perturbation)

niveau d'une perturbation électromagnétique de forme donnée, émise par un dispositif, un appareil ou un système particulier et mesurée d'une manière spécifiée

[VEI 161-03-11]

3.26

liaison équipotentielle

liaison électrique mettant au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs

[VEI 826-04-09]

3.27

masse – partie conductrice accessible

partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut

[VEI 826-03-02]

3.28

élément conducteur (étranger à l'installation électrique)

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

[VEI 826-03-03]

3.21**electricity supply system**

distribution system through which various electricity users are fed from one or more electricity producers

NOTE The users may be independent of each other, their number and type are various and they may be connected or disconnected arbitrarily.

3.22**electronic equipment****EE**

electrical equipment the main function of which is performed by the use of components using electron or ion conduction in semiconductors, in vacuum or in gases

NOTE 1 Electronic equipment contains data processing equipment and/or power electronic equipment according to its main function. It may contain non-electronic components or equipment.

NOTE 2 This includes sub-assemblies and equipment, such as assembled printed circuit boards, plug-in units, cubicles.

3.23**extra low voltage****ELV**

voltage not exceeding a limit which is generally accepted to be 50 V a.c. and 120 V d.c. (ripple free)

3.24**(electromagnetic) emission**

phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[IEV 161-01-08]

3.25**(electromagnetic) emission level (of a disturbing source)**

level of a given electromagnetic disturbance emitted from a particular device, equipment or system, measured in a specified way

[IEV 161-03-11]

3.26**equipotential bonding**

electrical connection putting various exposed conductive parts and extraneous conductive parts at a substantially equal potential

[IEV 826-04-09]

3.27**exposed conductive part**

conductive part of electrical equipment, which can be touched and which is not normally live, but which may become live under fault conditions

[IEV 826-03-02]

3.28**extraneous conductive part**

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

[IEV 826-03-03]

3.29

circuit TBTF (très basse tension de fonctionnement)
système électrique:

- dans lequel la tension ne peut pas dépasser la TBT, et
- ne répondant pas aux règles de sécurité des circuits TBTS ou TBTP

3.30

circulation forcée du milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant (refroidissement forcé)

méthode de circulation du milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant utilisant, un (des) ventilateur(s), un (des) brasseur(s), ou une (des) pompe(s)

3.31

mise à la terre fonctionnelle

mise à la terre d'un point d'équipement ou de système nécessaire dans un but autre que la sécurité

3.32

isolation fonctionnelle

isolation entre pièces conductrices qui est uniquement nécessaire au bon fonctionnement du matériel

[CEI 60664-1]

3.33

fluide réfrigérant

liquide (l'eau par exemple) ou gaz (par exemple l'air) inclus dans l'équipement et destiné à transporter la chaleur de la source vers un échangeur d'où elle sera extraite par un réfrigérant

3.34

immunité (électromagnétique) (à une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-20]

3.35

niveau d'immunité (électromagnétique)

niveau maximal d'une perturbation électromagnétique de forme donnée, agissant sur un dispositif, appareil ou système d'une manière spécifiée, de manière à n'engendrer aucune dégradation du fonctionnement

[VEI 161-03-14, modifiée]

3.36

marge d'immunité (électromagnétique)

rapport de la limite d'immunité au niveau de compatibilité électromagnétique

[VEI 161-03-16]

3.37

contact indirect

contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des masses mises sous tension par suite d'un défaut d'isolement

[VEI 826-03-06]

3.29**FELV-system (functional extra low voltage)**

electrical system in which

- the voltage cannot exceed ELV, and
- the safety requirements for SELV or PELV systems are not satisfied

3.30**forced circulation of the cooling medium or the heat transfer agent (forced cooling)**

method of circulating the cooling medium or heat transfer agent by means of blower(s), fan(s) or pump(s)

3.31**functional earthing**

earthing of a point in an equipment or in a system which is necessary for a purpose other than safety

3.32**functional insulation**

insulation between conductive parts which is necessary only for the proper functioning of the equipment

[IEC 60664-1]

3.33**heat transfer agent**

liquid (for example water) or gas (for example air) within the equipment to transfer the heat from its source to a heat exchanger from where the heat is removed by the cooling medium

3.34**(electromagnetic) immunity (to a disturbance)**

ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-20]

3.35**(electromagnetic) immunity level**

maximum level of a given electromagnetic disturbance, incident in a specified way on a particular device, equipment or system, for which it remains capable of operating at a required degree of performance

[IEV 161-03-14, modified]

3.36**(electromagnetic) immunity margin**

the difference between the immunity limit of a device, equipment or system and the electromagnetic compatibility level

[IEV 161-03-16]

3.37**indirect contact**

contact of persons or livestock with exposed conductive parts which have become live under fault conditions

[IEV 826-03-06]

3.38

refroidissement indirect

méthode de refroidissement dans laquelle un fluide réfrigérant est utilisé pour transporter la chaleur depuis la partie à refroidir jusqu'au milieu de refroidissement

3.39

installation

plusieurs appareils ou systèmes associés et mis en place dans un lieu donné pour atteindre un objectif déterminé, mais qui ne sont pas destinés à être mis sur le marché en une seule entité fonctionnelle

3.40

brouillage (électromagnétique)

dégradation des performances d'un appareil, d'un canal de transmission ou d'un système par une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-06, modifiée]

3.41

courant de fuite (dans une installation)

courant qui, en l'absence de défaut, s'écoule à la terre ou à un élément conducteur d'un circuit étranger

[VEI 826-03-08, modifiée]

NOTE Ce courant peut comporter une composante capacitive, y compris celle qui résulte de l'utilisation de condensateurs.

3.42

partie active

tout conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, ainsi que le conducteur neutre mais, par convention, non le conducteur PEN

[VEI 826-03-01]

3.43

circuit alimenté directement par le réseau

un circuit électrique relié galvaniquement au réseau qui l'alimente directement

3.44

dysfonctionnement

fonctionnement d'un EE en dehors des spécifications

3.45

circulation naturelle du milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant (convection)

méthode de circulation utilisant la variation de masse volumique (densité) avec la température

3.46

valeur nominale

valeur approchée appropriée d'une grandeur, utilisée pour dénommer ou identifier un composant, un dispositif ou un matériel

[VEI 151-16-09, modifiée]

3.47

circuit non alimenté directement par le réseau

circuit électrique qui n'est pas alimenté directement par le réseau mais isolé, par exemple par un transformateur alimentant un EE (ou des EE) ou par une batterie d'accumulateurs

3.38**indirect cooling**

method of cooling in which the heat transfer agent is used to transfer heat from the part to be cooled to the cooling medium

3.39**installation**

several combined items of apparatus or systems put together at a given place to fulfil a specific objective but not intended to be placed on the market as a single functional unit

3.40**(electromagnetic) interference**

degradation of the performance of an equipment, transmission channel or system caused by an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-06]

3.41**leakage current (in an installation)**

current which, in the absence of a fault, flows to earth or to extraneous conductive parts in a circuit

[IEV 826-03-08]

NOTE This current may have a capacitive component including that resulting from the deliberate use of capacitors.

3.42**live part**

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

[IEV 826-03-01]

3.43**mains-circuit**

electrical circuit which is conductively connected to and energized directly from the supply mains

3.44**malfunction**

operation of EE which is outside of the specification

3.45**natural circulation of the cooling medium or the heat transfer agent (convection)**

method of circulating the cooling fluid (cooling medium or heat transfer agent) which uses the change of volumetric mass (density) with temperature

3.46**nominal value**

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

[IEV 151-16-09]

3.47**non-mains-circuit**

electrical circuit which is not energized directly from the supply mains but is for example isolated by a transformer for particular EE(s) or supplied by a battery

3.48

catégorie de surtension

nombre définissant un niveau de tenue aux chocs

[CEI 60664-1]

NOTE Les catégories de surtension I, II, III et IV sont utilisées, voir 5.2.16.

3.49

circuit TBTP (très basse tension de protection)

circuit électrique

- dans lequel la tension ne peut dépasser la TBT, et
- qui comporte des séparations de protection d'avec les autres circuits que les TBTP, et
- qui permet la mise à la terre du circuit TBTP, ou de ses parties conductrices accessibles, ou des deux

3.50

conducteur PEN

un conducteur mis à la terre et assurant à la fois les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre

[VEI 826-04-06]

NOTE L'acronyme PEN résulte de la combinaison des deux symboles, PE (Protective Earthing – mise à la terre de protection) pour conducteur de protection et N pour conducteur Neutre.

3.51

critères de performances

spécification de performances pour le fonctionnement de l'EE dans les conditions d'environnement indiquées dans cette norme, c'est-à-dire:

- les conditions mécaniques,
- climatiques,
- électriques

3.52

équipement d'électronique de puissance

un EE dont la fonction principale est la conversion d'énergie

NOTE 1 Un interrupteur statique, dans lequel la fonction principale de commutation est réalisée par des composants électroniques, convertit l'énergie de l'entrée vers la sortie:

- sans aucune transformation (à l'exception de l'introduction de pertes) à l'état passant,
- sans fournir de puissance à la sortie à l'état bloqué.

C'est un équipement d'électronique de puissance.

NOTE 2 Un contacteur utilisant l'électronique pour la fonction de déclenchement n'est pas un équipement d'électronique de puissance, il n'est pas non plus un EE. (Sa fonction principale est d'établir ou de couper une liaison réalisée au moyen de composants mécaniques.)

3.53

installation de puissance

installation associant des équipements électriques ou électroniques, ou une combinaison des deux types, montés dans un lieu donné, alimentés par un réseau de distribution d'énergie et destinés à fonctionner de façon coordonnée

NOTE 1 L'utilisation de l'installation n'est pas spécifiée mais par influence réciproque sur le réseau elle réagit soit directement, par exemple par ses dispositifs de contrôle, de régulation, et de protection, soit indirectement, par exemple lorsque le système de mesurage provoque une intervention du personnel.

NOTE 2 Au lieu de «installation de puissance» on peut quelquefois trouver l'expression «installation électrique».

3.48**overvoltage category**

numeral defining an impulse withstand level

[IEC 60664-1]

NOTE Overvoltage categories I, II, III and IV are used, see 5.2.16.

3.49**PELV-system (protective extra low voltage)**

electrical system

- in which the voltage cannot exceed ELV, and
- with protective separation from systems other than PELV, and
- with provisions for earthing of the PELV-system, or its exposed conductive parts, or both

3.50**PEN conductor**

earthed conductor combining the functions of both protective conductor and neutral conductor
[IEV 826-04-06]

NOTE The acronym PEN results from the combination of the symbols PE for the protective conductor and N for the neutral conductor.

3.51**performance criteria**

performance specification for the operation of the EE throughout the environmental conditions stated in this specification namely

- mechanical,
- climatic,
- electrical conditions

3.52**power electronic equipment**

EE, the main function of which is conversion of energy

NOTE 1 A static switch, where the main switching function is carried out by electronic components, converts the energy from input to output:

- without any transformation (except introduction of losses) in the ON state,
- to no energy available on the output in the OFF state,

is a power electronic equipment.

NOTE 2 Switchgear, using electronics for triggering protection is not a power electronic equipment and is not an EE. (The main function is to establish or eliminate a contact performed by use of mechanical components.)

3.53**power installation**

installation with assembled electrical equipment or electronic equipment or a combination of electric and electronic equipment in a given location and designed for coordinated operation and connected to an electricity supply system

NOTE 1 The use of the installation is not specified, but it is interacting with the electricity supply system, either directly for example by means of control, regulating and protection equipment, or indirectly for example by means of measurements leading to intervention by personnel.

NOTE 2 Instead of "power installation" sometimes the wording "electrical installation" may be used.

3.54

équipotentialité de protection

liaison électrique des masses ou des écrans de protection, pour assurer une continuité électrique par un dispositif de connexion, à un conducteur de protection extérieur, solidement relié à la terre

3.55

matériel de la classe 0

matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'isolation principale; ceci implique qu'aucune disposition n'est prévue pour le raccordement des parties conductrices accessibles, s'il y en a, à un conducteur de protection faisant partie du câblage fixe de l'installation, la protection en cas de défaut de l'isolation principale reposant sur l'environnement

3.56

matériel de la classe I

matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale, mais qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous la forme de moyen de raccordement des parties conductrices accessibles à un conducteur de protection mis à la terre, faisant partie du câblage fixe de l'installation, d'une manière telle que des parties conductrices accessibles ne puissent devenir dangereuses en cas de défaut de l'isolation principale

3.57

matériel de la classe II

matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale, mais qui comporte des mesures supplémentaires de sécurité, telles que la double isolation ou l'isolation renforcée. Ces mesures ne comportent pas de moyen de mise à la terre de protection et ne dépendent pas des conditions d'installation

3.58

matériel de la classe III

matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'alimentation sous très basse tension de sécurité (TBTS) et dans lequel ne sont pas engendrées des tensions supérieures à la TBTS

3.59

conducteur de protection (PE)

conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- parties conductrices accessibles;
- éléments conducteurs étrangers à l'installation électrique;
- borne principale de terre;
- prise de terre;
- point de l'alimentation relié à la terre ou au point neutre artificiel

[VEI 826-04-05, modifiée]

3.60

mise à la terre de protection

mise à la terre d'un point dans un système, une installation ou un équipement pour assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut

3.54**protective bonding**

electrical connection of exposed-conductive-parts or of protective screening to provide electrical continuity by means of connection to an external protective conductor which is securely returned to earth

3.55**protective class 0**

equipment in which protection against electric shock relies upon basic insulation, which implies that there are no means for the connection of accessible conductive parts, if any, to the protective conductor in the fixed wiring of the installation, reliance in the event of a failure of the basic insulation being placed upon the environment

3.56**protective class I**

equipment in which protection against electric shock does not rely on basic insulation only, but which includes an additional safety precaution in such a way that means are provided for the connection of accessible conductive parts to the protective (earthing) conductor in the fixed wiring of the installation in such a way that accessible conductive parts cannot become live in the event of a failure of the basic insulation

3.57**protective class II**

equipment in which protection against electric shock does not rely on basic insulation only, but in which additional safety precautions such as double insulation or reinforced insulation are provided, there being no provision for protective earthing or reliance upon installation conditions

3.58**protective class III**

equipment in which protection against electric shock relies on supply at safety extra-low voltage (SELV) and in which voltages higher than those of ELV are not generated

3.59**protective conductor**

conductor required for protection against electric shock by electrically connecting any of the following parts:

- exposed conductive parts;
- extraneous conductive parts;
- main earthing terminal;
- earth electrode;
- earthed point of the source or artificial neutral

[IEV 826-04-05, modified]

3.60**protective earthing**

earthing of a point in a system, installation or equipment for protection against electric shock in case of a fault

3.61

impédance de protection

composant ou ensemble de composants dont l'impédance et la construction sont telles que le courant et la quantité d'électricité sont limités de façon sûre à des valeurs non dangereuses

[CEI 61140]

3.62

écran de protection

séparation entre circuits et parties actives dangereuses au moyen d'un écran conducteur interposé, relié aux dispositifs de connexion par un conducteur de protection externe

[CEI 61140, modifiée]

3.63

séparation de protection

séparation entre circuits par une protection principale et par une protection supplémentaire (isolation principale plus isolation supplémentaire ou écran de protection) ou par un dispositif de protection équivalent (par exemple isolation renforcée)

[CEI 61140, modifiée]

3.64

tension assignée d'isolement (TIA)

valeur efficace de la tension de tenue fixée par le constructeur au matériel ou à une de ses parties, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

[CEI 60664-1, modifiée]

NOTE 1 La tension assignée d'isolement est supérieure ou égale à la tension assignée du matériel ou de la partie concernée de l'appareil qui est principalement liée aux caractéristiques fonctionnelles.

NOTE 2 La tension d'isolement assignée se rapporte à l'isolation entre circuits électriques, entre parties conductrices et masses, et à l'intérieur du circuit électrique.

NOTE 3 Pour les distances d'isolement et pour les isolants solides, la tension d'isolement assignée est déterminée par la valeur de crête de la tension apparaissant aux bornes de l'isolant ou de la distance. Pour les lignes de fuites, c'est la tension efficace qu'il faut prendre.

3.65

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel

[VEI 151-16-08, modifiée]

3.66

tension assignée

valeur de la tension, fixée par le constructeur à un composant, à un dispositif ou un matériel, et à laquelle on se réfère pour le fonctionnement et pour les caractéristiques fonctionnelles

[CEI 60664-1]

NOTE Les matériels peuvent avoir plusieurs valeurs ou une plage de tension assignée.

3.67

conducteur de référence

conducteur par rapport auquel sont définies les tensions des autres conducteurs

3.61**protective impedance device**

component or assembly of components the impedance and construction of which are such as to ensure that the steady-state touch-current and charge are limited to non-hazardous levels [IEC 61140]

3.62**protective screening**

separation of circuits from hazardous live-parts by means of an interposed conductive screen, connected to the means of connection for an external protective conductor

[IEC 61140, modified]

3.63**protective separation**

separation between circuits by means of basic and supplementary protection (basic insulation plus supplementary insulation or protective screening) or by an equivalent protective provision (for example reinforced insulation)

[IEC 61140, modified]

3.64**rated insulation voltage (RIV)**

voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified (long-term) withstand capability of its insulation

[IEC 60664-1, modified]

NOTE 1 The rated insulation voltage is higher than or equal to the rated voltage of the equipment, or to the rated voltage of the concerned part of the equipment, which is primarily related to functional performance.

NOTE 2 The rated insulation voltage refers to the insulation between electric circuits, between live parts and exposed conductive parts and within an electric circuit.

NOTE 3 For clearances and solid insulation, the peak value of the voltage occurring across the insulation or clearance is the determining value for the rated insulation voltage. For creepage distances the r.m.s. value is the determining value.

3.65**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]

3.66**rated voltage**

value of voltage assigned by the manufacturer, to a component, device or equipment and to which operation and performance characteristics are referred

[IEC 60664-1]

NOTE Equipment may have more than one rated voltage value or may have a rated voltage range.

3.67**reference conductor**

conductor to which the potential of other conductors is related

3.68

isolation renforcée

système d'isolation unique des parties sous tension, assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalent à une double isolation dans les conditions spécifiées de la norme de la CEI correspondante

[CEI 61140, modifiée]

NOTE L'expression «système d'isolation» ne sous-entend pas que l'isolation doive se composer d'une pièce homogène. Le système peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent être essayées séparément comme isolation principale ou supplémentaire.

3.69

rapport de court-circuit

rapport de la puissance de court-circuit de la source à la puissance apparente fondamentale côté réseau du convertisseur

[CEI 60146-1-1]

NOTE Il se rapporte à la ligne d'alimentation, au point considéré, pour des conditions spécifiées de fonctionnement et pour une configuration spécifiée du réseau.

3.70

circuit TBTS (très basse tension de sécurité)

circuit électrique

- dans lequel la tension ne peut pas dépasser la TBT, et
- qui comporte des séparations de protection d'avec les autres circuits que les TBTS, et
- sans dispositif de mise à la terre du circuit TBTS, ou de ses parties conductrices accessibles, et
- avec une isolation simple par rapport à la terre

3.71

blindage/écran

enveloppe conductrice électrique ou magnétique, partiellement ou totalement fermée ayant pour objet de limiter la réception ou le rayonnement de bruits électromagnétiques à un niveau défini

3.72

coupure brève

disparition de la tension d'alimentation pendant un temps qui n'excède pas 1 min

NOTE Les coupures brèves peuvent être considérées comme des creux de tension d'amplitude 100 %.

3.73

facteur de simultanéité

rapport de la somme des puissances apparentes fondamentales des convertisseurs reliés à la même section du réseau, et fonctionnant inévitablement simultanément à la somme des puissances assignées fondamentales de tous les convertisseurs raccordés à cette même section

3.74

isolation supplémentaire

isolation indépendante prévue en plus de l'isolation principale en vue d'assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'isolation principale

[CEI 61140, modifiée]

NOTE Les isolations principale et supplémentaire sont séparées, chacune est prévue comme protection principale contre les chocs électriques.

3.68**reinforced insulation**

single insulation system applied to live-parts, which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation under the conditions specified in the relevant IEC standard

[IEC 61140, modified]

NOTE The term "insulation system" does not imply that the insulation must be one homogeneous piece. It may comprise several layers which cannot be tested singly as supplementary or basic insulation.

3.69**relative short-circuit power**

ratio of the short-circuit power of the source to the fundamental apparent power on the line side of the convertor(s)

[IEC 60146-1-1]

NOTE This refers to a given point of the network, for specified operating conditions and network configuration.

3.70**SELV-system (safety extra low voltage)**

electrical system

- in which the voltage cannot exceed ELV, and
- with protective separation from systems other than SELV, and
- with no provision for earthing the SELV-system, or its exposed conductive parts, and
- with simple separation from earth

3.71**shields/screens**

fully or partly closed electrically or magnetically conductive coverings which limit the reception or radiation of noise signals to some defined level

3.72**short supply interruption**

disappearance of the supply voltage for a period of time not exceeding 1 minute

NOTE Short supply interruptions can be considered as voltage dips with 100 % amplitude.

3.73**simultaneity factor**

ratio of the sum of the fundamental apparent power of power convertors, connected to a section of the supply mains, which inevitably commute during the same time, to the sum of the rated values of the fundamental apparent power of all power convertors connected to the same section of the supply mains

3.74**supplementary insulation**

independent insulation applied in addition to basic insulation in order to provide protection against electric shock in the event of a failure of basic insulation

[IEC 61140, modified]

NOTE Basic and supplementary insulation are separate, each designed for basic protection against electric shock.

3.75

variation de la tension d'alimentation

une modification, à une valeur supérieure ou inférieure à la valeur nominale, de la tension d'alimentation. Elle peut être de durée courte ou longue.

3.76

système

plusieurs appareils associés pour remplir un objectif déterminé, qui sont destinés à être mis sur le marché en une seule entité fonctionnelle

3.77

utilisé comme prévu

sous tension et en régime opérationnel maintenu à l'intérieur des spécifications de performance pertinentes de l'EE concerné

3.78

creux de tension

baisse brutale de la tension en un point du réseau, suivie d'un rétablissement de la tension après un court laps de temps d'une demi-période à quelques secondes

3.79

encoche de commutation

variation de tension de durée courte par rapport à la période, qui peut se superposer à une tension alternative d'un convertisseur par suite du processus de commutation dans un convertisseur

[VEI 161-08-12, modifiée]

3.80

déséquilibre de tension

dans un réseau d'énergie électrique polyphasé, état dans lequel les valeurs efficaces des tensions entre conducteurs ou les différences de phase entre conducteurs ne sont pas toutes égales

[VEI 161-08-09]

3.81

tenue

état de résistance de l'EE aux conditions d'essai ou d'environnement imposées conformément à leur description (exemple: tension de tenue aux chocs)

3.82

durée de vie utile

durée totale prévue pendant laquelle l'EE est opérationnel

NOTE Celle-ci est définie par les facteurs suivants:

- le coût de maintenance du matériel est encore économiquement intéressant;
- les pièces de rechanges sont encore disponibles;
- le taux de pannes est toujours conforme au taux spécifié;
- les performances du matériel ne se sont pas dégradées au point où, même par remplacement de composants et application de la procédure de maintenance, l'équipement ne satisfait plus à ses exigences spécifiées.

On considère que l'EE a atteint la fin de sa vie utile quand l'un des critères ci-dessus n'est plus respecté.

3.75**supply voltage variation**

change, the duration of which can be short or long, of the supply voltage to a higher or lower value than the nominal voltage

3.76**system**

several items of apparatus combined to fulfil a specific objective and intended to be placed on the market as a single functional unit

3.77**used as intended**

powered up, and in the operational state(s) stated in the relevant performance specifications of the EE concerned

3.78**voltage dip**

sudden reduction of the voltage at a point in the electrical system, followed by voltage recovery after a short period of time, from half a cycle to a few seconds

3.79**voltage notch**

voltage change with a duration much shorter than the a.c. period, which may appear on an a.c. voltage, for example due to the commutation process in a convertor

[IEV 161-08-12, modified]

3.80**voltage unbalance**

condition in a polyphase system in which the r.m.s values of the phase voltages or the phase angles between consecutive phases are not all equal

[IEV 161-08-09, modified]

3.81**withstand**

state of survival of the EE to the related imposed environmental or test condition (for example impulse withstand voltage)

3.82**working life**

total time for which EE is expected to be operational

NOTE This is defined by all the following factors:

- equipment maintenance has not yet reached the stage of being uneconomic;
- replacement parts are still available;
- the failure rate is still below a specified level;
- the performance of the equipment has not degraded to a point where even with replacement of components and application of maintenance procedures, it no longer meets its specification requirements.

EE is considered to have come to the end of its working life when any one of the above criteria is no longer true.

4 Exigences système

Les exigences de la présente norme sont des exigences minimales et concernent la conception, la fabrication et le montage de l'EE dans des installations de puissance.

Pour réaliser un niveau technique uniforme en ce qui concerne la sécurité et la fiabilité, la présente norme définit les exigences minimales nécessaires lorsque les EE sont montés dans ces lieux.

- Lorsqu'un EE ne satisfait pas à des spécifications de sécurité suffisantes, c'est-à-dire aux exigences minimales de cette norme et, par conséquent, ne permet pas son utilisation directe dans ces lieux:
 - a) soit on doit rendre compatibles les conditions d'environnement par des moyens supplémentaires,
 - b) soit on doit améliorer l'équipement, ou le choisir conforme à cette norme.
- Lorsqu'un EE doit satisfaire des spécifications plus sévères, définies dans ses normes de produit individuelles, celles-ci doivent prévaloir sur celles de cette norme.

4.1 Fonctionnement normal

L'équipement électronique doit être conçu et réalisé pour remplir sa fonction et ne pas mettre en danger les personnes et les biens, dans les conditions normales d'exploitation, lorsqu'il est réglé et utilisé conformément à ses spécifications. Cela s'applique également aux réactions de l'EE avec l'installation complète.

Pour les essais, voir 9.1.3 et 9.4.7.

4.2 Dommages corporels ou matériels

4.2.1 Dommages corporels

Les exigences limitant les conséquences des défauts sont les mêmes pour un EE que pour les autres équipements.

Toutefois dans le contexte spécifique de l'EE, on doit tenir compte, dès la conception, des effets des coupures/courts-circuits de composants (jonctions de semi-conducteurs par exemple) et envisager l'application de techniques de sécurité telles que:

- l'utilisation de règles de sécurité internes à l'EE lui-même; dispositions du circuit, ou d'autres moyens tels que techniques du «schéma à manque», ou utilisation de la redondance, ou de la diversité; et/ou
- l'adjonction d'un EE indépendant ou l'adoption de mesures particulières (par exemple un autre EE qui prend en charge les fonctions de l'EE défaillant); ou
- l'utilisation des dispositifs de protection électriques ou non (verrouillage dans la section de puissance, blocage mécanique par exemple); ou
- l'adoption des mesures propres au système entier (par exemple, coupure automatique en cas d'incendie); ou
- l'emploi d'une procédure impliquant l'action d'un opérateur (à condition que celle-ci soit complémentaire à l'une des dispositions ci-dessus).

Il convient que les règles de sécurité à appliquer lors de la conception d'une installation soient définies en supposant que, lors de sa réalisation, l'EE n'en a pas bénéficié.

NOTE Dans le cinquième point ci-dessus, l'action d'un opérateur implique que celui-ci soit correctement formé à la reconnaissance des conséquences d'un défaut sur les personnes et entraîné à prendre immédiatement les mesures adéquates pour en éviter les dangers.

4 Requirements for the entire system

The requirements of this standard are minimum requirements and apply to the design and manufacture of EE and its erection in public, commercial or industrial locations.

To achieve a uniform technical level with respect to safety and reliability, this standard defines the minimum requirements which are necessary when EE(s) are assembled into these locations.

- Where an EE does not meet the requirements of this standard, and is therefore prevented from direct use in these locations, either:
 - a) the environmental conditions for the EE shall be made compatible by additional means; or
 - b) the EE shall be improved, or an EE selected to meet the requirements of this standard.
- Where an EE has to meet more severe requirements as defined in its individual product standards, these requirements shall take precedence over the requirements of this standard.

4.1 Normal function

Electronic EE shall be designed and manufactured so that it fulfils its function and does not endanger persons and property in normal operation when set up as specified and used as intended. This also applies to the interaction of EE(s) with the entire installation.

For testing, see 9.1.3 and 9.4.7.

4.2 Damage to persons or material

4.2.1 Damage to persons

The requirements for limiting the effects of fault conditions are the same for EE as for other EE.

However, in the context of EE, the breakdown/shorting of components (such as semiconductor junctions) shall be taken into account in a design. The application of safety techniques shall be considered, such as:

- within EE itself by safe practice, circuit arrangement and other measures, for example, fail-safe techniques, redundancy, diversity

and/or:

- by additional independent EE or measures (for example by another EE which adopts the function of the failed EE); or
- by electrical or non-electrical protective arrangements (for example, interlocks in the power section, mechanical lock-out); or
- by measures that cover the entire system (for example automatic disconnection in case of fire); or
- by human action (where this is not the only measure).

When designing the entire installation, it shall be determined which safe practice measures should be applied assuming that no such safe practice measure has been applied within EE itself.

NOTE In the fifth bullet point above, "human action" assumes that the person assigned for this purpose can recognize a fault function which endangers persons and can immediately take measures to avoid danger.

4.2.2 Dégâts matériels

En cas de défaillance de l'EE, et suivant les spécifications, des mesures de protection doivent être prises pour éviter une dégradation du matériel.

4.3 Défaut à la terre d'un EE alimenté par un réseau isolé de la terre

Conformément à 8.3.1 un dispositif de surveillance de la résistance d'isolement est requis dans un réseau IT pour donner l'alarme en cas de défaut à la terre. Ceci limite le risque qu'un autre défaut apparaisse avant la réparation du premier.

NOTE Le réseau d'alimentation de l'EE est supposé avoir une capacité à la terre n'excédant pas 5 μ F par phase et la surtension consécutive ne devra pas être supérieure aux valeurs référencées en A.6.3.5.1. Dans le cas de l'utilisation d'un réseau plus important ayant une capacité à la terre plus élevée, des accords spécifiques seront nécessaires.

4.3.1 Défaut à la terre du réseau d'alimentation

Un défaut à la terre du réseau alimentant, avec ou sans isolement électrique (transformateur) l'EE, ne doit ni endommager l'EE, ni provoquer le fonctionnement d'un dispositif de protection (fusibles par exemple). Il convient que l'EE puisse continuer à fonctionner, avec l'apparition d'un défaut à la terre, pendant son maintien, et après sa disparition.

4.3.2 Défaut à la terre sur la sortie

Si cela est exigé par la spécification d'achat, un défaut à la terre sur la sortie de puissance de l'EE alimenté par un réseau isolé ne doit provoquer ni dommage à l'EE, ni le déclenchement d'un dispositif de protection quelconque (fusible), que la sortie soit isolée ou non de l'alimentation. Il convient que l'EE puisse continuer à fonctionner, avec l'apparition d'un défaut à la terre, pendant son maintien, et après sa disparition. Toutefois, les limites des tolérances du fonctionnement normal peuvent être dépassées.

Le déclenchement ou la fusion de fusible de l'EE provoqué par un double défaut à la terre dans l'installation peut être accepté dans certains cas.

4.4 Exigences pour la mise à la terre

La mise à la terre est nécessaire non seulement pour réduire les effets des perturbations électriques, mais elle est surtout exigée pour la protection du personnel. En cas de conflit entre ces deux exigences, c'est toujours la sécurité du personnel qui primera (voir Annexe A).

4.5 Câblage

Les fils et les câbles conformes aux normes de la CEI pour le câblage des équipements de télécommunication et de radiodiffusion peuvent être utilisés pour les liaisons entre les composants, les sous-ensembles et les équipements; du câblage imprimé peut être également utilisé à l'intérieur des sous-ensembles.

Les liaisons entre les composants, les sous-ensembles et les équipements doivent être conformes aux règles suivantes:

Les conducteurs et leur section doivent tenir compte des exigences électriques, mécaniques, et climatiques spécifiées dans cette norme. De plus la section et la structure du conducteur doivent être conformes à la méthode de raccordement utilisé (par exemple, les raccordements sans vis ou par soudure doivent être réalisés conformément aux spécifications de la CEI 60352-1 ou de la CEI 60352-2).

4.2.2 Material damage

Depending on the requirements, measures shall be taken to avoid material damage in the event of failure of an EE.

4.3 EE connected to unearthed supply mains under earth fault conditions

According to 8.3.1, a monitoring device for the insulation resistance is required in an IT-network, giving an alarm signal in case of an earth fault. This limits the risk that another earth fault occurs before the first earth fault is attended to.

NOTE It is assumed here that the EE is connected to a supply mains with normal earth capacitances not exceeding 5 μF per phase and that the overvoltages caused by the earth fault do not exceed the values of the standards referred to in A.6.3.5.1. Special agreements would be required in the case of large supply mains with higher earth capacitances.

4.3.1 Earth fault in the supply mains

An earth fault in the supply mains to which the EE is connected with or without electrical isolation (transformer), shall neither cause any damage to the EE nor cause any protective device (for example fuse) of the EE to operate. The EE should be able to continue its operation trouble-free when an earth fault occurs, throughout the fault condition and when it is cleared.

4.3.2 Earth fault at the output

If required in the purchasing specification, a single earth fault at the power output of an EE connected to unearthed supply mains shall neither cause any damage to the EE nor cause any protective device (for example fuse) of the EE to operate, regardless of whether the power output is conductively coupled to the supply mains or not. The EE should be able to continue its operation when an earth fault occurs, during the earth fault and when it is cleared. However, the tolerance limits of the normal operation may be exceeded.

Tripping or fuse blowing in the EE caused for example by double earth fault in the installation shall be accepted in agreed cases.

4.4 Earthing requirements

Earthing in EE is required not only to reduce the effects of interference, but also, and more importantly, for reasons of safety. Where there is any conflict between these two requirements, safety shall always take precedence. (see Annex A)

4.5 Wires and cables for interconnection

Wires and cables specified in accordance with IEC standards for telecommunication systems and broadcasting systems may be used between components, sub-assemblies and equipment; etched printed wiring may also be used inside sub-assemblies.

The following shall apply for connections between components, sub-assemblies and equipment:

Conductors and their cross sections shall comply with the electrical, mechanical and climatic requirements of this standard. Furthermore, the structure of the conductors and their cross sections shall be matched to the connection method used (for example connection method without screws or soldering shall be according to the series of IEC 60352-1 or IEC 60352-2).

4.6 Fusibles dans les conducteurs de neutre et de protection

Le conducteur de protection ne doit pas être protégé par un fusible. Les conducteurs de protection ne doivent être reliés au neutre dans aucune partie de l'ensemble ou de l'équipement.

Il n'est généralement pas permis de mettre un fusible en série avec un conducteur de neutre, sauf dans les cas suivants:

- Si les conducteurs de phase sont coupés automatiquement en même temps que le conducteur de neutre.
- Lorsqu'un EE, conçu pour être alimenté par un circuit quelconque, est protégé contre les surcharges par un fusible, ce dernier peut se trouver en série avec un conducteur de neutre. La protection contre les courts-circuits doit être réalisée différemment (voir la Figure 1).

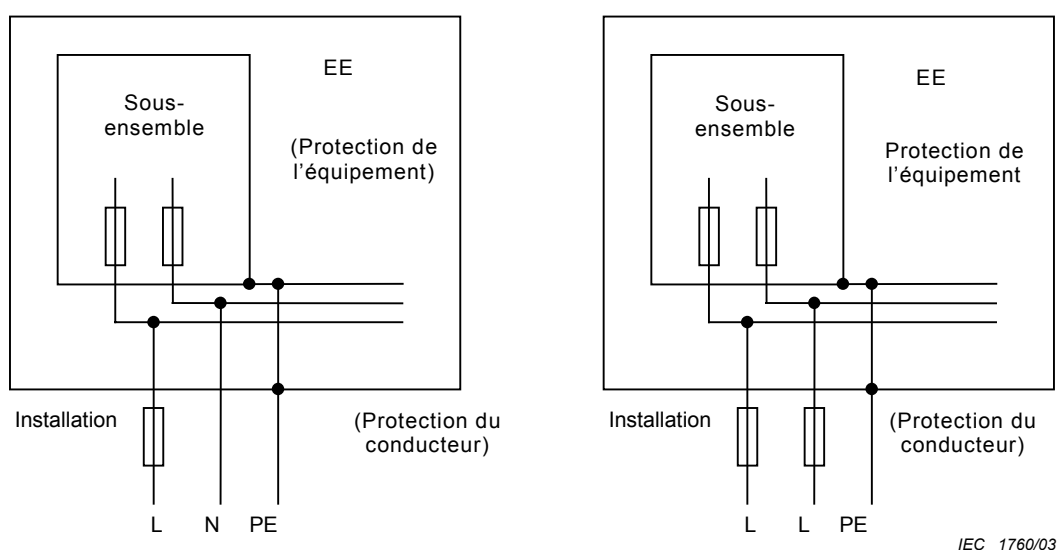


Figure 1 – Disposition des fusibles dans les sous-ensembles et l'installation

5 Exigences de sécurité

5.1 Exigences générales

L'EE doit être conçu de telle façon que la protection des personnes contre les chocs électriques reste assurée même dans le cas d'un seul défaut à la terre. Cela est considéré comme réalisé si les dispositions de 5.2 et 5.3 sont respectées.

La Figure 2 présente aux fins de conception, de construction, et d'intégration d'un l'EE, une synthèse des protections contre les chocs électriques résultant de contacts directs et indirects.

Cette Figure est développée et complétée par les Figures 8 à 13 (voir 5.2.15.1) qui permettent de déterminer le type d'isolement et qui, associées aux Tableaux 3 à 6 (5.2.16 et 5.2.17) permettent le choix des distances d'isolement, des lignes de fuites et de la tension de perforation dans un isolant solide qui sont requis pour la conformité à la présente norme.

4.6 Fuses in neutral and protective conductors

Fuses in protective conductors are not permitted. Neutral and protective conductors shall not be connected together in any assembly or piece of equipment.

Generally it is not permitted to use a fuse in a neutral conductor. However the following exceptions are permitted:

- A fuse may be used in the neutral conductor if the phase conductors are automatically disconnected at the same time as the neutral conductor.
- Fuses which function as overload protection in EE which is designed for connection to any type of mains-circuit, may be located in any live conductor. Short-circuit protection shall be ensured by other means (see Figure 1).

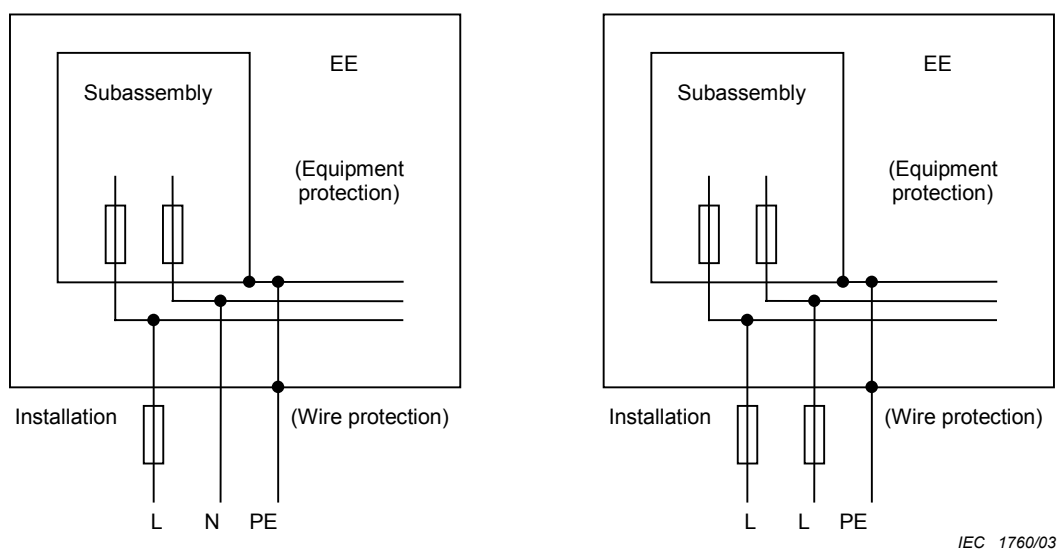


Figure 1 – Arrangement of fuses in sub-assemblies and in installations

5 Safety requirements

5.1 General requirements

The protection of persons against electric shock shall in the case of EE be arranged so that a single fault does not cause a hazard. This is considered to be fulfilled if the requirements of 5.2 and 5.3 are satisfied.

Figure 2 presents a summary for the design, construction and assembly of EE with regard to protection against electric shock arising from direct and indirect contact.

This Figure is expanded upon, and complemented by Figures 8 to 13, (see 5.2.15.1) which lead to identification of the grade of insulation. This, together with Tables 3 to 6 (see 5.2.16 to 5.2.17) leads to the selection of the clearance, creepage distance and puncture strength of solid insulation which are required to satisfy this standard.



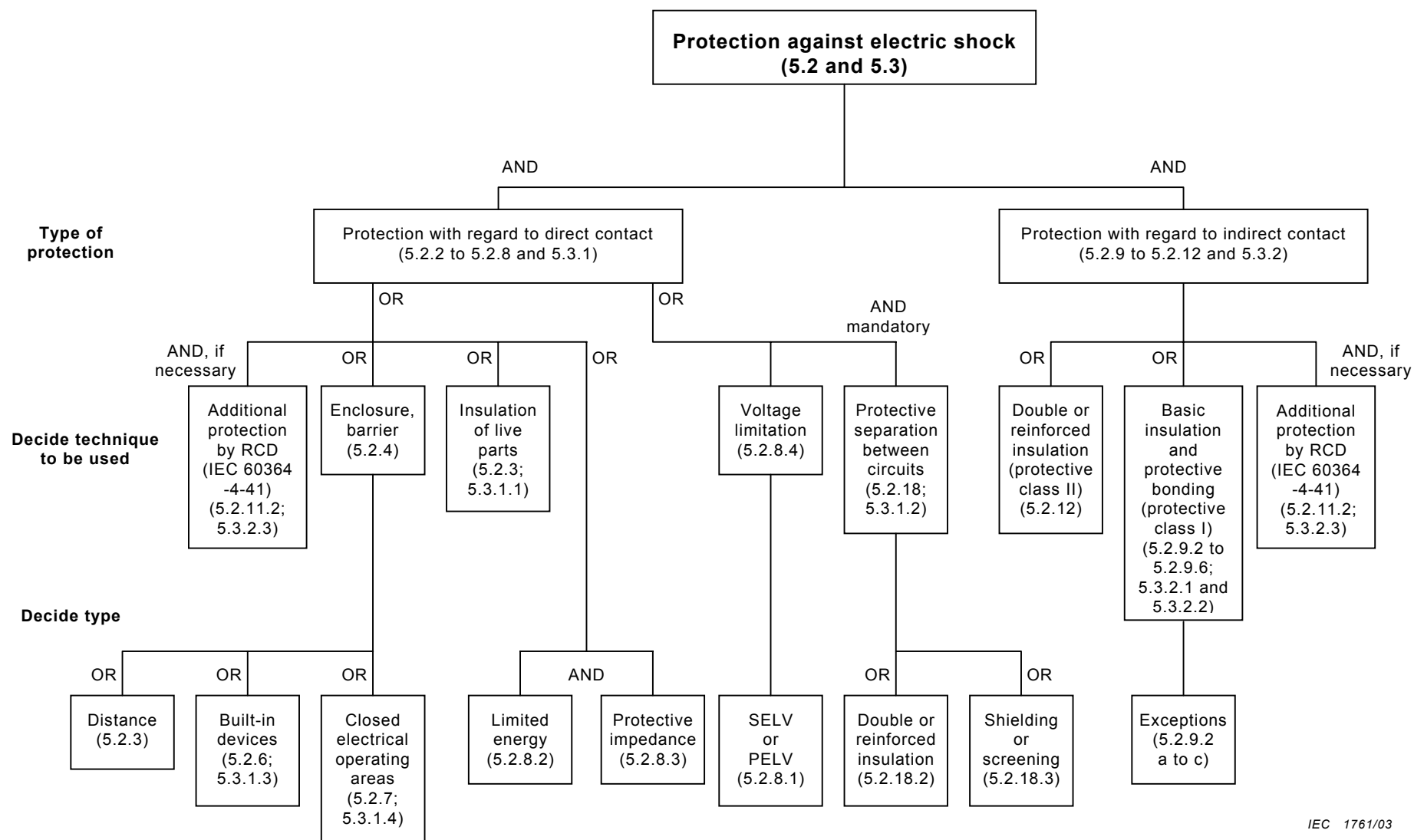


Figure 2 – Functional summary of protective measures against electric shock

5.2 Exigences concernant la protection contre les chocs électriques de l'EE

5.2.1 Exigences concernant la protection contre les chocs électriques

La CEI 60364-4-41 traite de la protection contre les chocs électriques dans les installations électriques des bâtiments et la CEI 61140 traite de la protection contre les chocs électriques dus aux équipements électriques. La CEI 61140 contient les lignes directrices pour la protection contre les chocs électriques des installations et des équipements.

Cette norme donne des exigences supplémentaires concernant les conditions de fonctionnement particulières des EE, en l'absence d'information pertinente dans les normes citées précédemment ou dans d'autres normes internationales.

Le principe des normes mentionnées ci-dessus est:

La protection des personnes et des animaux domestiques ou d'élevage contre les chocs électriques doit être assurée en fonctionnement normal et en cas d'un défaut à la terre. Cette protection doit être réalisée par l'application des dispositions de 5.2 à la conception et à la construction de l'EE.

Les essais de vérification de la protection contre les chocs électriques des composants et des équipements doivent être conduits durant les essais de **type** et les essais **individuels** comme définis dans l'article 9.

5.2.2 Protection contre les contacts directs

Les dispositions de protection contre les contacts directs sont employées pour éviter aux personnes de toucher des parties de l'EE sous tension. Cela doit être réalisé par l'une ou plusieurs des combinaisons des mesures données en 5.2.3 à 5.2.7.

Toutes les parties conductrices doivent être considérées sous tension si elles ne sont pas séparées des conducteurs actifs par au moins l'isolation principale.

Une partie métallique accessible est considérée sous tension si elle est nue, ou si elle est recouverte par une couche d'isolant non conforme aux exigences de l'isolation principale.

Lors des essais des **composants** et des **équipements**, les dispositions prises conformément aux paragraphes 5.2.2 à 5.2.7 doivent être vérifiées visuellement. Il en sera de même avec les appareils construits ou montés lors de la réalisation de l'installation.

5.2.3 Protection par isolation des parties sous tension

Les parties sous tension doivent être complètement entourées par un isolant permanent (non amovible). Cet isolant doit être choisi en fonction de la tension d'isolement assignée (TIA) suivant les indications:

- de 5.2.14.1 ;
- du Tableau 3 ou du Tableau 4.

Le degré d'isolation, principale, double ou renforcée, dépend:

- de la valeur de la tension déterminante U_M (voir 5.2.13) du circuit considéré;
- des limites de la très basse tension, 50 V c.a. ou 120 V c.c.;
- du circuit très basse tension (TBTS ou TBTP).

Le choix de l'isolation doit être déterminé à partir des considérations de la liste a) ou b)1), b)2), b)3) et b)4) ci-dessous (en faisant également référence à la Figure 3):

5.2 Requirements for EE with regard to protection against electric shock

5.2.1 Requirements for protection against electric shock

IEC 60364-4-41 covers protection against electric shock within electrical installations of buildings and IEC 61140 covers protection against electric shock from electrical equipment. IEC 61140 contains guidelines for the requirements for installation and equipment with regard to protection against electric shock.

This standard provides additional requirements regarding special operational conditions for EE where the relevant information is not available within the above or other international standards.

The principle of the above mentioned standards is:

The protection of persons and livestock against electric shock shall be maintained in single fault conditions as well as under normal conditions. This protection shall be achieved by the application of 5.2 to the design and construction of EE.

The testing of components and equipment with regard to protection against electric shock shall be conducted as **type tests** and **routine tests** as defined in clause 9.

5.2.2 Protection against direct contact

Protection against direct contact is employed to prevent the live parts of EE being touched by persons. It shall be provided by one or more of the measures given in 5.2.3 to 5.2.7.

Any conductive part that is not separated from the live parts by at least basic insulation shall be considered to be a live part.

A metallic accessible part is considered to be conductive, if its surface is bare or is covered by an insulating layer which does not comply with the requirements of basic insulation.

With respect to testing of **components and equipment**, the measures taken in accordance with 5.2.2 to 5.2.7 shall be checked for compliance by visual inspection. These requirements shall also apply to devices constructed or installed during the implementation of the installation.

5.2.3 Protection by means of insulation of live parts

Live parts shall be completely surrounded with permanent (non removable) insulation. This insulation shall be designed for a rated insulation voltage (RIV) according to

- 5.2.14.1.
- Table 3 or Table 4.

The grade of insulation – basic, double or reinforced – depends upon

- the decisive voltage U_M (see 5.2.13) of the circuit under consideration;
- the limits for extra-low voltage 50 V a.c. or 120 V d.c.;
- the use of extra-low voltage systems (SELV or PELV).

The choice of insulation shall be determined from list a) or b) 1), b) 2), b) 3) and b) 4) below (referring also to Figure 3):

- a) Isolation principale suivant la tension d'isolement assignée (TIA) du circuit (cas 1 a))
 - lorsque cet isolement sépare les conducteurs actifs des masses de l'EE quand ces dernières sont reliées au conducteur de protection par le réseau équipotentiel.
- b)1) Isolation double ou renforcée suivant la tension assignée d'isolement du circuit (cas 1 b) ou 1 c))
 - lorsque cet isolement sépare les conducteurs actifs des masses ou des parties accessibles non conductrices de l'EE, mais qui ne sont pas reliées au conducteur de protection, et
 - si les conducteurs actifs ont une tension déterminante $U_M > 50 \text{ V c.a. ou } 120 \text{ V c.c.}$
- b)2) Isolation principale pour la tension d'isolement assignée (TIA) correspondant à la plus haute TIA des circuits adjacents
 - quand elle sépare des conducteurs actifs des masses ou des parties accessibles non conductrices de l'EE qui ne sont pas reliées au conducteur de protection, et
 - si les conducteurs actifs ont une tension déterminante $U_M \leq 50 \text{ V c.a. ou } 120 \text{ V c.c.}$ et sont séparés, par l'isolation principale, des circuits adjacents ayant une tension $U_M > 50 \text{ V c.a. ou } 120 \text{ V c.c.}$
- b)3) Isolation principale pour le circuit ayant une tension assignée d'isolement correspondant à U_M compris entre 25 V c.a. ou 60 V c.c. et 50 V c.a. ou 120 V c.c.
 - quand elle sépare des conducteurs actifs des masses ou des parties accessibles non conductrices, mais non reliées au conducteur de protection, et
 - si des conducteurs actifs d'un circuit ayant une tension déterminante U_M telle que $25 \text{ V c.a. ou } 60 \text{ V c.c.} < U_M \leq 50 \text{ V c.a. ou } 120 \text{ V c.c.}$ est séparé du circuit adjacent, dont la tension $U_M > 50 \text{ V c.a. ou } 120 \text{ V c.c.}$, par une séparation de protection (5.2.18).
- b)4) Pas d'isolement requis pour les conducteurs actifs conformes à 5.2.8 si $U_M \leq 25 \text{ V c.a. ou } 60 \text{ V c.c.}$ et séparés des circuits adjacents par une séparation de protection.

Le logigramme 9 permet la détermination du choix de l'isolation entre conducteurs actifs et parties accessibles.

NOTE Des exemples d'isolement, entre parties actives et parties accessibles, sont donnés dans la Figure 3. En ce qui concerne l'isolement entre circuits séparés et parties accessibles des exemples sont montrés dans les Figures A.4 et A.5.

L'isolation principale et l'isolation double ou renforcée doivent être soumises à des essais de tension suivant le Tableau 17 et/ou le Tableau 18.

Comme autre solution d'isolation solide, il est admis de fournir en totalité ou en partie une distance d'isolement selon 5.2.15.1 et 5.2.16 ou une séparation correspondant à une distance d'isolement comme représentée par L_1 et L_2 dans la Figure 3, cas 2 (voir la Figure 3, cas 2a., 2b. ou 2c.).

L'essai doit être réalisé par inspection visuelle et/ou, si nécessaire, en appliquant l'essai à la sonde conformément à l'article 12 de la CEI 60529.

- a) Basic insulation with the rated insulation voltage (RIV) of the circuit (case 1a))
 - when it is positioned between live parts and accessible conductive parts of EE that are connected to the protective conductor via protective bonding.
- b) 1) Double or reinforced insulation with the rated insulation voltage of the circuit (cases 1b) or 1c))
 - when it is located between live parts and the surface of accessible parts of EE that are non-conductive or conductive, but are not connected to the protective conductor, and
 - when live parts have a decisive voltage $U_M > 50 \text{ V a.c. or } 120 \text{ V d.c.}$
- b) 2) Basic insulation for the rated insulation voltage (RIV) corresponding to the highest RIV of adjacent circuits
 - when it is positioned between live parts and the surface of accessible parts of EE that are non-conductive or conductive, but are not connected to the protective conductor, and
 - when live parts have a decisive voltage $U_M \leq 50 \text{ V a.c. or } 120 \text{ V d.c.}$ and are separated by basic insulation from adjacent circuits which have a $U_M > 50 \text{ V a.c. or } 120 \text{ V d.c.}$
- b) 3) Basic insulation for the rated insulation voltage of the circuit corresponding to 25 V a.c. or 60 V d.c. $< U_M \leq 50 \text{ V a.c. or } 120 \text{ V d.c.}$
 - when it is positioned between live parts and the surface of accessible parts of EE that are non-conductive or conductive, but are not connected to the protective conductor, and
 - with live parts of the circuits at 25 V a.c. or 60 V d.c. $< U_M \leq 50 \text{ V a.c. or } 120 \text{ V d.c.}$ that have protective separation (see 5.2.18) from adjacent circuits with decisive voltage $U_M > 50 \text{ V a.c. or } 120 \text{ V d.c.}$
- b) 4) No insulation required for live parts designed according to 5.2.8 with a decisive voltage of $U_M \leq 25 \text{ V a.c. or } 60 \text{ V d.c.}$ that have protective separation from adjacent circuits.

A flow chart for determination of insulation between live parts and accessible surface is given in Figure 9.

NOTE Examples for insulation between live and accessible parts are shown in Figure 3 and for insulation between separate electrical circuits and accessible parts are shown in Figures A.4 and A.5.

Basic insulation and double or reinforced insulation shall be subjected to voltage tests as given in Table 17 and/or Table 18.

As an alternative to solid insulation, a clearance according to 5.2.15.1 and 5.2.16 or a distance corresponding to a clearance as shown by L_1 and L_2 in Figure 3 of 5.2.3, cases 2, may be totally or partially provided (see Figure 3, cases 2 a., 2 b. or 2 c.).

Testing shall be by visual inspection and/or if necessary by applying the probe test according to clause 12 of IEC 60529.

Type d'isolation	Configuration de l'isolation		
	a. Parties accessibles, conductrices et reliées au PE	b. Parties accessibles, non conductrices	c. Parties accessibles, conductrices, mais <u>non</u> reliées au PE
1. Isolation solide (liquide)			
2. Isolation totale ou partielle par distance dans l'air			
3. Isolation en cas d'ouverture de l'enveloppe			

Légende

A partie active
B isolation principale
D isolation double
I isolation inférieure à B

* s'applique aussi pour les vis en plastique

L_1 distance d'isolement conforme à l'isolation principale

L_2 distance d'isolement conforme à la double isolation

M partie conductrice

PE conducteur de protection

† pas de contact direct

S surface de l'EE

T doigt d'essai

V isolation renforcée

Z isolation supplémentaire

IEC 1762/03

Figure 3 – Exemples de protection contre les contacts directs

5.2.4 Protection au moyen d'enveloppes et de barrières

L'EE doit se conformer aux exigences appropriées de la CEI 60364-4-41 et la CEI 61140.

Les parties actives doivent être protégées par des enveloppes ou situées derrière des barrières conformes au moins aux exigences du degré de protection IP2X conformément à la CEI 60529. La surface horizontale supérieure des enveloppes ou des barrières facilement accessibles doit être conforme aux exigences du degré de protection IP4X.

La protection minimale à pourvoir doit tenir compte des détails particuliers de l'installation, sans oublier l'environnement présumé, comme indiqué à l'article 6 (voir Annexe A).

Type of insulation	Insulation configuration		
	a. Accessible parts conductive and connected to PE	b. Accessible parts not conductive	c. Accessible parts conductive, but NOT connected to PE
1. Solid or liquid insulation			
2. Insulation totally or partially by air clearance			
3. Requirements for apertures in enclosures			
Key A live part B basic insulation D double insulation I insulation less than B * also applies to plastic screws † no direct contact L ₁ clearance for basic insulation L ₂ clearance for reinforced insulation M conductive part PE protective earth S surface of EE T test finger V reinforced insulation Z supplementary insulation			

IEC 1762/03

Figure 3 – Examples for protection against direct contact

5.2.4 Protection by means of enclosures and barriers

EE shall comply with the relevant requirements of IEC 60364-4-41 and IEC 61140.

Live parts shall be arranged in enclosures or located behind barriers that meet at least the requirements of IP2X according to IEC 60529. The top surfaces of enclosures or barriers that are easily accessible shall meet at least the requirements of IP4X.

The minimum protection provided shall take account of the particular circumstances of the installation and in addition, such protection shall be provided in accordance with the expected environmental conditions as given in clause 6 (see Annex A).

La vérification doit en être faite visuellement. Mais en cas de doute, on doit mesurer à nouveau les ouvertures dans les enveloppes et utiliser un gabarit conformément à l'article 12 de la CEI 60529. On peut alors utiliser la procédure d'essai décrite en 12.2 de la CEI 60529 (avec une lampe d'essai sous une tension au moins égale à 40 V) si le contact du gabarit avec un conducteur actif de l'EE essayé donne bien une indication valable. Dans le cas contraire, la vérification du non-contact du gabarit et du conducteur doit être recherchée par une autre méthode.

5.2.5 Décharge de condensateurs

En 5 s au plus, après coupure de l'alimentation de l'EE, la charge résiduelle des condensateurs doit atteindre 50 μC (voir A.5.2.8.2) ou la tension aux bornes doit descendre jusqu'à 60 V. Si une telle disposition peut gêner le fonctionnement correct de l'EE, on doit placer, de façon facilement visible, un avertissement qui indique que le temps de décharge est supérieur à 5 s. Pour des EE raccordés à une prise pouvant être retirée sous tension sans l'aide d'outil, les condensateurs doivent se décharger en moins de 1 s à une charge résiduelle de 50 μC ou à une tension de 60 V.

Les essais de vérification de ces deux cas de décharge doivent se faire par calcul de l'énergie résiduelle, ou par mesure de la tension, 5 s ou 1 s après coupure de l'alimentation de l'EE. Lorsque plusieurs condensateurs sont reliés ensemble dans le circuit, on doit en tenir compte dans le calcul.

5.2.6 Produits à intégrer

Les sous-ensembles et les produits destinés à être montés dans des ensembles ou des armoires plus importantes offrant le degré de protection requis, n'ont pas besoin d'être eux-mêmes protégés contre les contacts directs. Toutefois, si des composants manœuvrables manuellement sont, soit situés à proximité, soit sur l'EE, on doit tenir compte des prescriptions de la CEI 61140.

5.2.7 EE destinés à des locaux électriques fermés

Les EE destinés à être installés dans des locaux électriques fermés n'ont pas besoin d'être protégés contre les contacts directs (voir toutefois la note 2 de A.5.2.8). Lorsque l'EE nécessite une intervention manuelle (c'est-à-dire pour réparation, remplacement d'indicateurs, de fusibles, de batteries, etc.), on doit se reporter à la CEI 60364-4-41.

5.2.8 Protection contre les contacts directs

La protection contre les contacts directs est exigée pour s'assurer qu'aucun courant dangereux ne résulte du contact avec des conducteurs actifs de l'EE.

On peut déroger aux exigences de 5.2.3 à 5.2.7 relatives à la protection contre les contacts directs si le contact avec les parties actives ne génère aucun courant dangereux. Cela s'applique aux circuits conformes à une des mesures décrites en 5.2.8.1 à 5.2.8.5, à condition que la séparation de protection suivant 5.2.18 soit assurée avec tous les autres circuits.

Toutes les bornes des liaisons extérieures des circuits concernés par ce paragraphe doivent être décrites dans le manuel de l'utilisateur.

Ces dispositions s'appliquent à l'ensemble des circuits, y compris au circuit d'alimentation, et si nécessaire aux dispositifs périphériques associés (voir Annexe A).

Les essais de vérification des séparations de protection devront être réalisés suivant les dispositions les plus adéquates de 9.4.5.1, 9.4.5.2.2, 9.4.5.2.3, 9.4.5.3 et 9.4.5.5 lorsqu'elles sont applicables.

Testing shall be by visual inspection. In case of doubt, remeasurement of the enclosure openings and testing with a probe according to clause 12 of IEC 60529 shall be conducted. In this context, the test procedure laid down in 12.2 of IEC 60529 (i.e., with test lamp and voltage at least 40 V) can be used when it is ensured that contact of the probe with a live part of the circuit in the EE to be tested will in fact result in a test indication. If this is not the case, then non-contact of the probe with live parts shall be determined in another manner.

5.2.5 Discharge of capacitors

After switching-off the EE, capacitors shall be discharged within 5 s to a residual charge of 50 μC (see A.5.2.8.2) or to a voltage of 60 V. If such a measure interferes with the operation of the EE, a warning sign shall be placed where it is easily observable, indicating that the discharging time is greater than 5 s. In the case of installed EE, where the voltage at the plug-and-socket devices of EE can be touched and these devices may be pulled out when live without the use of tools, the capacitors shall be discharged within 1 s to a charge of 50 μC , or to a voltage of 60 V.

With respect to the above two discharge cases, testing shall be by re-calculation of the energy or measurement of the voltage 5 s or 1 s after switching off of the EE. Where several capacitors are interconnected throughout the circuit, this shall be allowed for in such calculations.

5.2.6 Built-in devices

Sub-assemblies and devices that are intended for inclusion within a larger device or enclosure which offers the required protection do not themselves need a protective measure against direct contact. However, where there are components requiring manual operation on or close to them, IEC 61140 shall be taken into consideration.

5.2.7 EE for closed electrical operating areas

EE which is intended for installation in closed electrical operating areas need not have a protective measure itself against direct contact (however, see note 2 in A.5.2.8). Where EE requires manual intervention (for example for repair, replacements of bulbs, fuses, batteries etc.), IEC 60364-4-41 shall be consulted.

5.2.8 Protection in the case of direct contact

Protection in the case of direct contact is required to ensure that contact with live parts of EE does not produce any dangerous shock current.

The protection against direct contact according to 5.2.3 through 5.2.7 may be waived if the contact with the live parts does not produce any dangerous shock current. This applies to circuits according to one of the measures given in 5.2.8.1 to 5.2.8.5 provided that protective separation according to 5.2.18 from all other circuits is ensured.

Any external terminals which belong to EE circuits dealt with in 5.2.8 shall be identified in the operating manuals.

These clauses apply to the entire circuit including power supplies and if necessary associated peripheral devices (see Annex A).

Testing for protective separation shall be according to 9.4.5.1, 9.4.5.2.2, 9.4.5.2.3, 9.4.5.3 and 9.4.5.5 if applicable.

5.2.8.1 Protection par alimentation sous très basse tension de sécurité avec utilisation de séparation de protection (circuit TBTS et TBTP)

Si des circuits TBTS ou TBTP sont utilisés dans l'EE ou dans des parties de l'EE, on doit appliquer les exigences correspondantes.

Lorsque la tension déterminante suivant 5.2.13 est inférieure à 25 V c.a. ou 60 V c.c. (voir Figure A.1 a)), et que l'équipement est utilisé à l'intérieur d'une zone où l'équipotentialité de protection est assurée, la protection contre les contacts directs n'est pas nécessaire.

Dans un espace limité où les parties actives sont protégées contre les contacts directs conformément à 5.2.2, la tension alternative déterminante peut varier entre 25 V et 50 V pour produire une tension continue d'alimentation pouvant atteindre 60 V c.c.

Lors des essais des circuits protégés par TBT et séparation de protection, la tension déterminante (conformément à 5.2.13) doit en cas de doute être remesurée. La protection contre les contacts directs de l'espace limité tel que défini dans l'article 3 doit être essayée conformément aux dispositions les plus adéquates de 5.2.2 à 5.2.5.

5.2.8.2 Protection par limitation de l'énergie de décharge

La quantité d'électricité disponible entre les parties simultanément accessibles protégées par une impédance de protection ne doit pas être supérieure à 50 μ C (CEI 61140). Conformément à 6.5 de la CEI 61201, il convient que la tension de charge et la capacité soient limitées suivant le Tableau A.1 (voir Annexe A).

C'est par des calculs et/ou des mesures permettant de déterminer la quantité d'électricité, la tension, et la capacité que doivent être réalisés les essais des protections utilisant la limitation de l'énergie de décharge.

5.2.8.3 Protection au moyen d'une impédance de protection

La liaison des parties accessibles actives à un circuit ayant une tension déterminante (5.2.13) supérieure à 25 V c.a. ou 60 V c.c. (voir 5.2.8.1) ne doit être faite qu'à travers une impédance de protection.

La construction et le montage de l'impédance de protection doivent suivre les mêmes dispositions constructives que celles appliquées à la séparation de protection (voir 5.2.18). En cas de défaillance unique, la valeur du courant résultant ne doit pas dépasser les valeurs ci-dessous. Si l'impédance de protection est reliée à des condensateurs, la charge résiduelle doit être conforme à 5.2.5.

L'impédance de protection doit être conçue de façon que le courant qui la traverse ne soit pas supérieur à 3,5 mA c.a. ou 10 mA c.c. Il faut noter que c'est la tension déterminante (5.2.13) du circuit qui a la plus haute tension, qui apparaît aux bornes de l'impédance de protection.

La tenue en tension de l'impédance de protection doit être conçue pour supporter la tension de tenue aux chocs 1,2/50 μ s conformément au Tableau 3, colonne 8 et respectivement au Tableau 4, colonne 8 (voir Annexe A).

Ce dispositif de protection doit être contrôlé par inspection visuelle et par simulation du défaut. Lors de cette dernière, on doit s'assurer par le calcul que le courant reste inférieur à la valeur limite donnée dans les articles 2 et 3.

Pour le détail des essais, voir 9.4.5.1 et 9.4.5.5.

5.2.8.1 Protection by means of extra-low voltage with protective separation (SELV- and PELV-system)

Where SELV- or PELV-systems are applied in EE or in parts of EE, the respective requirements shall be fulfilled.

When the decisive voltage according to 5.2.13 is not higher than 25 V a.c. or 60 V d.c. (see Figure A.1 a)), and equipment is used within a zone of equipotential bonding, then protection against direct contact is not necessary.

In an area of limited space where the live parts are protected against direct contact according to 5.2.2, the decisive a.c. voltage may vary between 25 V and 50 V in order to produce a supply voltage of up to 60 V d.c.

For testing protection using extra-low voltage with protective separation, the decisive voltage (as determined by 5.2.13) shall, in case of doubt be re-measured. If applicable, the area of limited space as defined in clause 3 above shall be tested for protection against direct contact in accordance with 5.2.2 to 5.2.5.

5.2.8.2 Protection by means of limitation of the discharging energy

The stored charge available between simultaneously accessible parts protected by protective impedance shall not exceed 50 μC (see IEC 61140). According to 6.5 of IEC 61201, the charging voltage and capacitance should be limited as given in Table A.1 (see Annex A).

When testing protection which uses limitation of the discharging energy, calculations and/or measurements shall be performed to determine the charge or the voltage and capacitance.

5.2.8.3 Protection by means of protective impedance

The connection of accessible live parts to a circuit having a higher decisive voltage (5.2.13) than 25 V a.c. or 60 V d.c. as mentioned in 5.2.8.1 shall only be made through a protective impedance.

The same constructional provisions as those for protective separation (see 5.2.18) shall be applied for the construction and arrangement of the protective impedance. The current value stated below shall not be exceeded in the event of failure of a single part. When capacitors are connected to the protective impedance, the residual charge shall be in accordance with 5.2.5.

The protective impedance shall be designed so that the current through the protective impedance does not exceed a value of 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. It shall be noted that the decisive voltage (see 5.2.13) of the circuit having the higher voltage appears across the protective impedance.

The voltage endurance for the protective impedance shall be designed in such a manner that the protective impedance withstands the impulse withstand voltage 1,2/50 μs in accordance with column 8 in Table 3 or column 8 in Table 4, as appropriate (see Annex A).

This protection method shall be verified by visual inspection and by fault simulation. During fault simulation, calculations shall be performed to determine whether the current remains below the limits laid down above.

For details of testing see 9.4.5.1 and 9.4.5.5.

5.2.8.4 Protection par des tensions limitées dans les circuits de commande

Ce type de protection ne s'applique qu'aux circuits de commande dans le but de réaliser des références et de mesurer des grandeurs réelles (voir la Figure A.1 d)). Ce genre de protection ne doit pas être utilisé pour les EE de classe II, à cause de la nécessité d'une mise à la terre (PE), à la base du diviseur de tension.

Cette partie du circuit de commande doit être conçue sûrement de telle façon que, même en cas de défaut dans l'EE, les tensions entre les bornes de sortie ainsi que la tension entre une borne et la terre ne dépassent pas la tension déterminante de 25 V c.a. ou 60 V c.c., conformément à 5.2.8.1. Des dispositions constructives identiques à celles employées pour la séparation de protection doivent être utilisées dans ce cas (voir 5.2.18).

Lorsque l'on prévoit des points de coupure pour un circuit muni d'une séparation de protection, il convient que les dispositions de A 5.2.8.3 s'appliquent, si elles sont pertinentes.

Les essais de la protection par limitation de tension doivent être effectués par inspection visuelle et par simulation du défaut. Pour l'essai de simulation, la vérification que la tension demeure inférieure aux limites données ci-dessus doit se faire par le calcul.

5.2.8.5 Connecteurs

En plus des dispositions données de 5.2.8.1 à 5.2.8.4 (TBTS, TBTP, limitation de l'énergie de décharge, impédance de protection, limitation de tension), il faut s'assurer qu'en cas d'erreur ou d'inversion de polarité d'un connecteur, aucune tension supérieure à 25 V c.a. ou 60 V c.c. ne puisse être introduite dans un circuit équipé d'une séparation de protection. Cela s'applique, par exemple, aux sous-ensembles embrochables ou autres dispositifs débrochables qui peuvent être connectés sans utiliser d'outil (clé) d'extraction, ou qui sont accessibles sans outil. Cela ne s'applique pas aux EE destinés à être montés dans des locaux électriques fermés (voir 5.2.7). Voir également 7.1.9.

En cas de nécessité, les essais de non-interchangeabilité et de vérification de la protection contre les inversions de polarité des connecteurs et des dispositifs enfichables doivent être confirmés par contrôle visuel et par essais d'insertion.

5.2.9 Protection contre les contacts indirects

La protection contre les contacts indirects est nécessaire pour éviter le choc électrique résultant de la mise sous tension d'une masse de l'EE à la suite d'un défaut d'isolement. Cette protection doit être conçue conformément aux dispositions suivantes:

Les EE réalisés suivant la classe de protection I doivent suivre les prescriptions de 5.2.9.1 à 5.2.11.

Le contenu de 5.2.12 traite des aspects particuliers de la classe II de protection.

La classe III de protection peut rarement être appliquée à l'EE.

La classe de protection 0 est inacceptable pour un EE.

Lorsque la tension déterminante est supérieure à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c. seule la classe I est acceptée.

Toutes les parties conductrices qui ne sont pas séparées des parties actives par au moins une isolation principale doivent être considérées comme des parties actives.

5.2.8.4 Protection by using limited voltages in control circuits

This type of protection is applicable only in control circuits for the purpose of forming reference and actual values (see Figure A.1 d)). This type of protection shall not be used in EE of protective class II, because of the provision of earthing (PE) at the basepoint of the voltage divider.

This part of a control circuit shall be designed reliably in such a way that, even if a fault occurs in the EE, the voltage across its output terminals as well as the voltage to earth will not become higher than the decisive voltage of 25 V a.c. or 60 V d.c. according to 5.2.8.1. The same constructive measures as in protective separation (see 5.2.18) shall be employed in this case.

When providing disconnection points for a circuit with protective separation, A.5.2.8.3 should apply, where relevant.

When testing protection by means of voltage limitation, it shall be verified by visual inspection and by fault simulation. During fault simulation, calculations shall be performed to determine whether the voltage remains below the limits laid down above.

5.2.8.5 Connectors

In addition to the measures as given in 5.2.8.1 to 5.2.8.4, (SELV, PELV, limited discharging energy, protective impedance, limited voltage) it shall be ensured that in the event of error or polarity reversal of connectors no voltages that exceed 25 V a.c. or 60 V d.c. can be connected into a circuit with protective separation. This applies for example to plug-in-sub-assemblies or other plug-in devices which can be plugged-in without the use of a tool (key) or which are accessible without the use of a tool. This does not apply to EE which is intended for assembly in closed electrical operating areas (see 5.2.7). See also 7.1.9.

If required, testing of non-interchangeability and protection against polarity reversal of connectors, plugs and socket outlets shall be confirmed by visual inspection and trial insertion.

5.2.9 Protection with regard to indirect contact

Protection against indirect contact is required to prevent shock currents which can result from exposed conductive parts of EE during an insulation failure. This protection shall be designed according to the following requirements:

For EE constructed to protective class I the requirements as given in 5.2.9.1 to 5.2.11 apply.

The content of 5.2.12 deals with particular aspects of protective class II.

Protective class III is rarely applicable for EE.

Protective class 0 is not acceptable for EE.

At a decisive voltage higher than 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c., only protective class I is acceptable.

All conductive parts which are not separated from live parts by at least basic insulation shall be treated as live parts.

Les dispositions prises conformément aux paragraphes 5.2.9 à 5.2.12 doivent être vérifiées, pour ce qui concerne les composants et les équipements par contrôle visuel. Ces exigences doivent s'appliquer également aux dispositifs construits ou montés durant la réalisation de l'installation.

5.2.9.1 Isolement entre parties actives et masse

Les masses de l'EE doivent être séparées des parties actives par au moins l'isolation principale ou par une distance d'isolement conformément aux dispositions des Tableaux 3 ou 4 respectivement.

Les essais doivent être réalisés par inspection visuelle. En cas de doute, on doit procéder à la mesure des distances d'isolement, des lignes de fuites et de l'épaisseur de l'isolant solide.

5.2.9.2 Equipotentialité de protection

L'équipotentialité de protection est de règle entre la masse de l'EE et les moyens de connexion au conducteur de protection, elle n'est toutefois pas indispensable dans les cas suivants:

- a)1) lorsque les parties conductrices accessibles sont exclusivement reliées aux circuits électriques avec une protection contre les contacts directs conformes à 5.2.8 et une tension déterminante limitée à 50 V c.a. ou 120 V c.c. pour les circuits TBTS ou TBTP (voir 5.2.8.1), ou
- a)2) lorsque la protection est assurée par limitation de la tension (voir 5.2.8.4);ou
- b) en cas d'utilisation de bobines magnétiques, par exemple: transformateurs, selfs et contacteurs; ou
- c) lorsque les parties conductrices de petites dimensions (50 mm sur 50 mm environ) ne peuvent pas être touchées ou saisies en fonctionnement normal et offrent donc une faible probabilité de contact. Ces parties conductrices sont par exemple: des vis, des rivets, des plaques indicatrices ou des serre-câbles.

NOTE Les parties conductrices séparées des parties actives par une isolation double ou renforcée (voir 5.2.18.2) ne sont plus considérées comme des parties conductrices et ne nécessitent donc pas d'être reliées au réseau équipotentiel de protection.

La vérification des dispositions ci-dessus doit se faire par contrôle visuel. La preuve du bien fondé du choix de l'une des exceptions à l'équipotentialité des protections suivant a), b), ou c) doit être documentée. (Pour la disposition des liaisons équipotentiellles, voir A.5.2.9.2.)

5.2.9.3 Equipotentialité de protection, caractéristiques

L'équipotentialité de protection doit supporter les contraintes thermiques et dynamiques les plus importantes qui peuvent apparaître dans la partie de l'EE concernée par un défaut mettant sous tension des parties conductrices accessibles.

Pour éviter les surcharges thermiques, les prescriptions de 8.3.3.4 doivent s'appliquer à la conception de l'équipotentialité de protection (voir Annexe A).

Lors des essais, en cas de litige, la résistance du conducteur de protection doit être mesurée conformément au troisième alinéa de A.5.2.9.3, cette impédance doit déterminer, pour ce qui concerne la partie conductrice accessible, la valeur de la chute de tension de court-circuit à prendre en compte.

5.2.9.4 Protection contre la corrosion

Les connexions de protection doivent être protégées contre la corrosion dans les conditions ambiantes spécifiées (voir Annexe A).

With respect to testing of components and equipment, the measures taken according to 5.2.9 to 5.2.12 shall be checked for compliance by means of visual inspection. These requirements shall also apply to devices constructed or installed during the implementation of the installation.

5.2.9.1 Insulation between live parts and exposed conductive parts

Exposed conductive parts of EE shall be separated from live parts at least by basic insulation or by clearances in accordance with Table 3 or Table 4, as appropriate.

Testing shall be by visual inspection. In case of doubt, re-measurement of clearances, creepage distances and solid insulation shall be made.

5.2.9.2 Protective bonding

Protective bonding shall always be provided between exposed conductive parts of EE and the means of connection for the protective conductor; it is not however essential when one of the following applies:

- a)1) when exposed conductive parts are exclusively related to electrical circuits with protection in case of direct contact according to 5.2.8, with the limiting value of the decisive voltage increased to 50 V a.c. or 120 V d.c. for SELV- or PELV-systems (see 5.2.8.1), or
- a)2) where protection is provided by means of voltage limitation (see 5.2.8.4); or
- b) when magnet cores are used, for example, transformers, chokes and contactors; or
- c) when exposed conductive parts of small dimensions (about 50 mm x 50 mm) cannot be touched or grasped when the EE is used as intended and which have a low probability of contact. Such exposed conductive parts are, for example, screws, rivets, nameplates and cable clamps.

NOTE Conductive parts which are separated from live parts using double or reinforced insulation (see 5.2.18.2) are no longer considered to be exposed conductive parts and therefore, require no protective bonding.

Testing shall be by visual inspection. When claiming one of the exceptions from the requirements of providing protective bonding in accordance with a), b) or c), it shall be confirmed by documentation that these requirements are met. (For bonding connection arrangements, see A.5.2.9.2.)

5.2.9.3 Rating of protective bonding

Protective bonding shall withstand the highest thermal and dynamic stresses that can occur to the EE item(s) concerned when they are subjected to a fault connecting to exposed conductive parts.

In order to avoid thermal overload, the requirements of 8.3.3.4 shall be applied to the design of the protective bonding (see Annex A).

For testing, the resistance of protective bonding shall in case of doubt be measured in accordance with the third paragraph of A.5.2.9.3, the voltage drop in case of short-circuit with respect to an exposed conductive part shall then be determined from this measurement.

5.2.9.4 Protection against corrosion

Protective connections shall be protected against corrosion under the specified ambient conditions (see Annex A).

5.2.9.5 Conducteur d'équipotentialité de protection de faible section

Lorsque les masses de l'EE sont reliées à un réseau équipotentiel de protection de faible section, on doit veiller à éviter qu'un défaut ne survienne entre ces masses et des parties actives de section plus importante. Cela peut être réalisé par une disposition adéquate des éléments ou par l'utilisation d'une isolation double ou renforcée.

NOTE Ceci s'applique, par exemple, aux équipements de traitement de l'information montés dans un équipement électronique de puissance.

5.2.9.6 EE avec des tensions supérieures à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c.

Dans les EE où la tension déterminante (voir 5.2.13) est supérieure à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c., les parties conductrices accessibles et non accessibles qui ne sont pas des parties actives doivent être comprises dans l'équipotentialité de protection, sauf si elles sont de petites dimensions ou si elles sont dédiées à des circuits munis de séparation de protection et alimentés en TBT ou à travers un bobinage conformément aux points a) à c) de 5.2.9.2.

5.2.9.7 Interruption

L'équipotentialité de protection doit être assurée de façon permanente et ne doit pas être interrompue par un interrupteur ou par un dispositif électronique quelconque.

Lorsque la connexion de protection d'un sous-ensemble de l'EE, réalisée à l'aide d'une prise de courant, peut être coupée sous tension, l'équipotentialité de protection ne doit pas être interrompue avant les conducteurs actifs. L'équipotentialité de protection doit être rétablie avant, ou au plus tard en même temps, que les conducteurs actifs.

5.2.9.8 Repérage

Les conducteurs équipotentiels de protection doivent être facilement repérables par leur forme, leur emplacement (par exemple des conducteurs courts et apparents) ou leur couleur, à l'exception de l'équipotentialité de protection sur le tracé des cartes de circuit imprimé et des câblages en connexions enroulés ou similaires, à l'arrière des sous-ensembles électroniques, qui ne peuvent pas être déconnectés sans détérioration. Si l'identification est assurée par couleur, les conducteurs doivent être repérés par la double coloration vert-jaune. Les conducteurs isolés mono-brins, utilisés comme conducteurs de protection doivent être colorés en vert-jaune sur toute leur longueur. La double coloration vert-jaune est exclusivement réservée aux conducteurs de protection et d'équipotentialité.

5.2.10 Raccordement du conducteur de protection

Les moyens de raccordement du conducteur de protection extérieur doivent être placés, pour un EE équipé d'une équipotentialité de protection, au voisinage des bornes de sortie des conducteurs actifs concernés. Ils doivent être protégés contre la corrosion et dimensionnés conformément à la section du conducteur de protection, résultant de la dimension des conducteurs actifs comme prescrit dans la CEI 60364-5-54, sauf si une section plus importante est nécessaire suivant 8.3.3.4. Les moyens de raccordement du conducteur de protection ne doivent pas être utilisés comme moyen d'assemblage mécanique de l'EE.

Il convient que les moyens de raccordement des conducteurs de protection soient identifiés de façon bien reconnaissable par:

- le symbole n° 5019  de la CEI 60417-1; ou
- les lettres «PE»; ou
- la double coloration vert-jaune.

5.2.9.5 Protective bonding conductor with low cross-section

Where the exposed conductive parts of EE are connected to the protective conductor of EE using a protective bonding conductor with a small cross-section, care shall be taken that a fault between these exposed conductive parts and live parts with a larger cross-section is prevented. This can be achieved by a suitable construction or by double or reinforced insulation.

NOTE This applies for example for data processing equipment within power electronic equipment.

5.2.9.6 EE with voltage above 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c.

In EE with a decisive voltage (5.2.13) of more than 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c., accessible and non-accessible conductive parts which are not live parts shall be included within the protective bonding. Excepted are conductive parts with small dimensions or those assigned to circuits with protective separation and extra-low voltage or magnet cores according to 5.2.9.2 a) to c).

5.2.9.7 Interruption

The protective bonding of EE shall be permanently connected and not be interrupted by a switch or an electronic device.

Where the protective connection to a sub-assembly of EE is made by a plug-and-socket device when it is live or conducting, the protective connection shall not be broken before the live conductors. On re-connection the protective conductor shall re-connect before the live connection, or at the latest, together with the live conductors.

5.2.9.8 Marking

Protective bonding conductors shall be easily recognizable from their shape, location (for example short visible pieces of conductors) or colour coding; exceptions are the protective bonding conductors on printed circuit boards and protective bonding conductors such as those in wire-wrap and similar back wiring of electronic sub-assemblies which cannot be unfastened without destruction. When marking by colours, the colour combination green-yellow shall be used. Insulated single-core protective bonding conductors shall be green-yellow along their entire length. The colour coding green-yellow shall be used only for the protective bonding conductors and for the protective conductors.

5.2.10 Means of connection for the protective conductor

EE with internal protective bonding shall have means of connection for the external protective conductor near the terminals for the respective live conductors. They shall be corrosion-resistant and shall be suitable for the connection of the protective conductor cross-section which is determined from the dimension of the live conductors according to IEC 60364-5-54, unless a larger cross-section is required according to 8.3.3.4. The means of connection for the protective conductor shall not be used as a part of the mechanical assembly of the EE.

The means of connection for the protective conductor should be marked in an easily recognizable way, with:

- the symbol No. 5019  of IEC 60417-1; or
- the letters "PE"; or
- the colour coding green-yellow.

Il convient que ces indications ne soient pas placées sur des dispositifs de fixation facilement démontables comme des vis. Elles ne sont pas nécessaires pour les connecteurs. Le contenu de 7.1.9 s'applique aux connecteurs externes.

5.2.11 Courant de fuite et courant de défaut

5.2.11.1 Courant de fuite élevé

Quand le courant de fuite permanent de l'EE est supérieur à 3,5 mA c.a. ou 10 mA c.c., la liaison de la connexion de protection doit être permanente. Cela doit être spécifié dans la notice d'instruction.

L'association d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (DDR) avec, en particulier, plusieurs EE peut être incompatible si le courant de fuite résultant engendré par leurs filtres aux radiofréquences est si élevé que le DDR se déclenche.

Quand plusieurs parties de l'EE sont reliées à une source d'alimentation, le courant de fuite total dans le conducteur de protection peut être supérieur à 3,5 mA c.a. ou 10 mA c.c. Dans ces cas-là, et si le conducteur de protection est coupé, il est possible qu'une personne soit soumise à un courant de fuite supérieur à 3,5 mA c.a. ou à 10 mA c.c. Dans de telles conditions et en l'absence de norme internationale, on doit appliquer les dispositions suivantes:

- doubler le conducteur de protection, ou
- couper automatiquement l'alimentation en cas d'interruption du conducteur de protection, ou
- incorporer un transformateur à double enroulement (ou un dispositif équivalent) dans l'alimentation, en reliant le conducteur de protection aux masses de l'EE et à l'enroulement secondaire du transformateur.

La mesure des courants de fuite est exigée pour les EE qui ont des connexions amovibles:

L'EE doit être isolé sans liaison au conducteur de terre de protection et utilisé à sa tension assignée. Le courant doit être mesuré, dans ces conditions, aux points suivants:

- a) entre la borne du conducteur de protection et le conducteur de terre, pour un EE prévu pour être relié à un réseau dont le système du neutre est en TT ou TN;
- b) entre la borne du conducteur de protection et chacun des conducteurs de sortie, pour un EE prévu pour être relié à un réseau dont le système du neutre est IT.

Les circuits de mesure du courant doivent être réalisés conformément à la Figure 3 de la CEI 60990.

5.2.11.2 Compatibilité avec un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel pour les faibles courants de fuite

Un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (DDR) peut être utilisé pour fournir une protection en cas de contact indirect et/ou une protection supplémentaire en cas de contact direct si son courant assigné de défaut I_{fn} est inférieur ou égal à 30 mA. On suppose que le courant de fuite du ou des EE est, conformément à 5.2.11.1, assez faible pour ne pas faire déclencher intempestivement le DDR monté en série.

Avant de relier un EE à un circuit d'alimentation protégé par un DDR, il faut vérifier leur compatibilité, se reporter à la Figure 4 et aux paragraphes ci-dessous.

Marking should not be done on easily changeable fixtures such as screws. This marking is not necessary for connectors. The content of 7.1.9 applies to the external connectors.

5.2.11 Leakage current and fault current

5.2.11.1 High leakage current

Where an EE has a continuous leakage current of more than 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. in normal use, a fixed connection is required for protection; this shall be stated in the operating manuals.

The combination of a residual-current-operated protective device (RCD) with in particular several EEs may be incompatible if the resulting leakage current drawn by their radio frequency filters is so high that the RCD is triggered.

When several items of EE are connected to a source of supply, the total leakage current of 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. in the protective conductor may be exceeded. In these cases and where the protective conductor is interrupted, it is possible for a person to become exposed to a leakage current higher than the limit 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. Under such conditions, and as long as no international standard exists on the measures to be taken to prevent this, the following shall be provided:

- duplication of the protective conductor, or
- automatic disconnection of the supply in case of discontinuity of the protective conductor, or
- incorporation of a double-wound transformer (or equivalent) in the supply with the circuit protective conductor connected to the exposed conductive parts of the EE and to the secondary winding of the transformer.

Measurement of leakage current is required on EE which is not intended for permanent connection:

The EE shall be set up in an insulated state without connection of the protective earth conductor and shall be operated at rated voltage. Under these conditions, the current shall be measured at the following points:

- a) for an EE which is intended for connection to a TT or TN system, between the protective terminal conductor and the protective earth conductor itself;
- b) for an EE which is intended for connection to an IT system, between the protective terminal conductor and each outer conductor.

The current measuring circuit shall be according to Figure 3 of IEC 60990.

5.2.11.2 Compatibility with residual-current-operated protective devices in case of low leakage current

A residual-current-operated protective device (RCD) with rated fault current $I_{fn} \leq 30$ mA may be used to provide protection in case of indirect contact and/or supplementary protection in case of direct contact. It is presupposed that the leakage current of the EE(s) according to 5.2.11.1 is low enough not to unintentionally trigger the RCD connected in series.

Before connecting an EE to a supply protected by an RCD, the compatibility of the EE with the RCD shall be verified, by reference to Figure 4 and the paragraphs below:

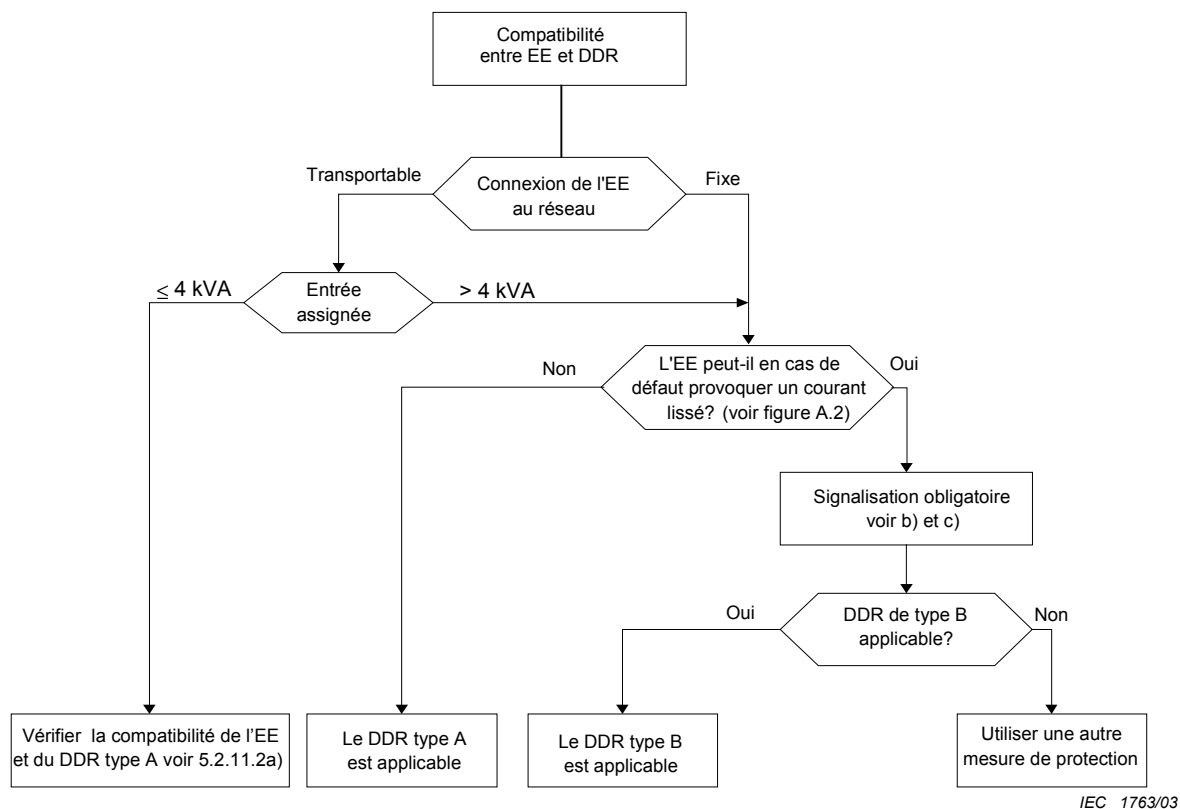


Figure 4 – Organigramme des exigences requises lors de l'utilisation d'EE derrière un dispositif DDR

Un EE et un DDR peuvent être compatibles ou incompatibles entre eux suivant le circuit d'alimentation et le type de DDR (type A, AC ou B selon la CEI 60755). La Figure 4 indique:

- 1) dans quel cas un EE doit être compatible avec le DDR;
- 2) dans quel cas il faut joindre au produit une instruction de service définie ci-dessous réclamant l'utilisation d'un DDR de type B ou d'une autre protection.

Instruction de service: lorsqu'on utilise un dispositif de protection par courant différentiel-résiduel (DDR) pour la protection contre les contacts directs et indirects, seuls les DDR de type B sont autorisés sur l'alimentation de cet équipement électronique (EE). Sinon, on doit prendre une autre mesure de protection, comme par exemple, séparer l'EE de son environnement par une isolation double ou renforcée ou isoler l'EE du réseau d'alimentation à l'aide d'un transformateur.

- a) Les EE transportables dont la puissance apparente assignée d'entrée n'excède pas 4 kVA doivent être conçus pour être compatibles avec des DDR de type A (protection contre les contacts directs et/ou indirects).
- b) Les EE transportables dont la puissance apparente assignée d'entrée est supérieure à 4 kVA doivent porter la signalisation (voir ci-dessus) affichée sur l'équipement et une indication dans le manuel d'instruction.
- c) Les EE connectés de façon non amovible doivent porter cette signalisation (voir ci-dessus) affichée sur le produit et inscrite dans le manuel d'instruction.

En particulier le fonctionnement de la protection différentielle placée en série avec l'EE ne doit pas être entravé par la composante continue du courant de défaut.

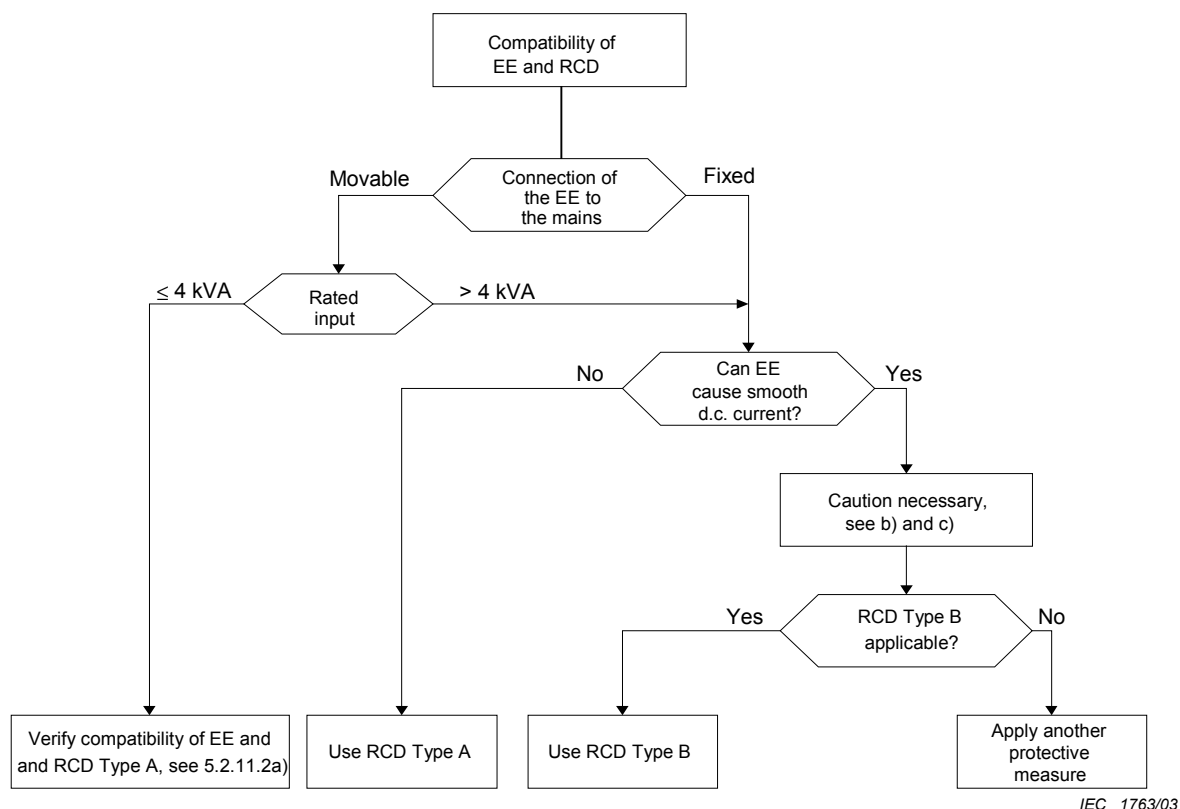


Figure 4 – Flow chart leading to requirements when using EE(s) behind an RCD

Depending on the supply side circuitry of the EE and the type of RCD (Type AC, A or B according to IEC 60755), EE and RCD may be compatible or incompatible. Figure 4 indicates

- 1) when an EE is required to be compatible with the RCD;
- 2) when a design notice as given below shall be fitted to the EE requiring the use of an RCD Type B or of another protection.

Design notice: where a residual-current-operated protective device (RCD) is used for protection in case of direct or indirect contact, only a Type B RCD is allowed on the supply side of this EE. Otherwise another protective measure shall be applied such as separation of the EE from the environment by double or reinforced insulation or isolation of EE and supply system by a transformer.

- a) Movable EE with a rated input ≤ 4 kVA shall be designed to be compatible with a Type A RCD– protection in case of indirect and/or direct contact.
- b) Movable EE with a rated input > 4 kVA, shall have the design notice (see above) fitted to the equipment and written in the operating manual.
- c) Permanently connected EE shall have the design notice (see above) fitted to the equipment and written in the operating manual.

In particular, operation of an RCD connected in series with EE shall not be prevented by a d.c. component in the fault current.

Dans les circuits 2, 3, 6 et 7 de la Figure A.2, le courant de défaut peut contenir une composante continue importante qui réduirait la sensibilité des dispositifs DDR de type A et AC, en conséquence, ces associations sont inadmissibles. Les associations des circuits mentionnés avec des DDR de type B, qui sont déclenchés par toutes les formes de courant résiduel sont adaptées et acceptables (voir Figure A.2).

NOTE Il convient que les dispositifs DDR aptes à se déclencher sur différentes formes de courant résiduel portent les symboles définis dans l'amendement 2 de la CEI 60755 comme suit:



: Type A

- adapté au courant alternatif et au courant pulsé (convient à tous les circuits 1, 4, 5, 8, 9 de la Figure A.2).



: Type B

- adapté à tout type de courant (convient à tous les circuits de la Figure A.2).

Pour l'étude et la construction des équipements électriques, on doit prendre en compte les DDR de type B (voir 5.3.2.3 et l'exemple d'étude de la Figure A.3).

Une vérification peut s'avérer nécessaire pour confirmer la compatibilité de la protection à courant différentiel-résiduel (conformément à la CEI 61008-1 ou la CEI 60755) avec le circuit de l'EE (voir la Figure A.2).

5.2.12 Dispositions spécifiques dans l'EE pour la classe II de protection

Si l'EE utilise une isolation double ou renforcée entre ses parties actives et ses masses conformément au point b)1) de 5.2.3 ou à 5.2.4, sa classe de protection est considérée équivalente à la classe II si les dispositions suivantes sont également appliquées:

- Dans un EE de classe II, il ne doit pas y avoir de moyens de connexion pour le conducteur de protection (PE ou PEN). Sauf si, pour les besoins d'un équipement connecté en série avec l'EE, un conducteur de protection est amené à le traverser. Dans ce cas, ce conducteur de protection et ses moyens de connexion doivent être protégés par une isolation principale des masses de l'EE et des autres circuits isolés, soit par une séparation de protection, soit par une TBT, soit par une impédance de protection, soit par la limitation de l'énergie de décharge, conformément à 5.2.8. Cette isolation principale doit correspondre à la tension d'isolement de l'équipement connecté en série.
- Les boîtiers métalliques des EE de classe II de protection peuvent être prévus avec une connexion ou une liaison équipotentielle de protection.
- Dans un EE de classe II, on peut prévoir la présence d'une borne de terre fonctionnelle ou d'une connexion à une limitation de surtension. Ces liaisons doivent être toutefois isolées comme des parties actives.
- Les EE de classe II doivent être désignés par le symbole No 5172  de la CEI 60417-1.

5.2.13 Tension déterminante

La tension déterminante d'un circuit, eu égard aux mesures de protection à prendre contre les chocs électriques, est la tension la plus élevée qui peut apparaître de façon permanente entre deux points arbitraires quelconques des parties actives de l'EE, dans les conditions de fonctionnement les plus difficiles, quand celui-ci est utilisé conformément à ses spécifications. Si une mise à la terre permanente est réalisée avec des conducteurs d'impédance suffisamment faible, la plus haute tension qui apparaît alors de façon permanente entre une partie active quelconque et la terre de ce circuit est la tension déterminante (par exemple, circuits reliés à une alimentation triphasée mise à la terre).

La tension déterminante s'applique à toutes les portions des circuits de l'EE considéré.

Circuits 2, 3, 6 and 7 in Figure A.2, may contain a high d.c. component in the residual current and reduce the sensitivity of the Type AC and A RCDs, therefore these combinations are unacceptable. Suitable and acceptable are combinations of the circuits mentioned with RCDs of Type B, which are triggered by all waveforms of residual current occurring (see Figure A.2).

NOTE RCDs suitable to be triggered by differing waveforms of residual current should be marked with symbols as defined in IEC 60755 as follows:



Type A

- a.c. current sensitive and pulse current sensitive (suitable for circuits 1, 4, 5, 8, 9 according to Figure A.2)



Type B

- universal current sensitive (suitable for all circuits according to Figure A.2).

For design and construction of electrical installations, care shall be taken with Type B RCDs, see 5.3.2.3 and design example in Figure A.3.

If necessary, re-checking should be carried out to confirm the compatibility of the RCD (according to IEC 61008-1 or IEC 60755) with the circuitry employed in the EE (see Figure A.2).

5.2.12 Special features in EE for protective class II

If EE is designed to use double or reinforced insulation between live parts and accessible surfaces of an EE in accordance with 5.2.3 b) 1) or 5.2.4, then the design is considered equivalent to protective class II if the following also apply:

- EE designed to protective class II shall not have means of connection for the protective conductor (PE or PEN). However this does not apply if the protective conductor is passed through the EE to equipment series-connected beyond it. In the latter event, the protective conductor and its means for connection shall be insulated with basic insulation against the accessible surface of the EE and against circuits which employ protective separation, extra-low voltage, protective impedance and limited discharging energy, according to 5.2.8. This basic insulation shall correspond to the rated insulation voltage of the series-connected equipment.
- Metal-encased EE of protective class II may have provision on its enclosure for the connection of an equipotential bonding conductor.
- EE of protective class II may have provision for the connection of a functional earthing conductor or for the damping of overvoltages; it shall, however, be insulated as though it is a live part.
- EE of protective class II shall be classified on the name plate with the symbol No. 5172



of IEC 60417-1.

5.2.13 Decisive voltage

The decisive voltage of a circuit in respect of the protective measures to be employed against electric shock is the highest voltage which occurs continuously between any two arbitrary live parts of the EE during rated worst operating conditions when used as intended. If continuous direct earthing of the circuit of the EE is provided through conductors of sufficiently low impedance, then the decisive voltage is the highest voltage which occurs continuously between any arbitrary live part of this circuit and earth (for example circuits connected to an earthed three-phase supply).

The decisive voltage applies to all parts of circuits of the EE under consideration.

A l'heure actuelle, aucune procédure agréée n'est disponible pour le calcul de la tension déterminante. Par conséquent, on doit suivre la méthode de calcul qui suit pour déterminer les mesures à prendre pour fournir la protection adéquate. Ces mesures rentrent dans les catégories déterminées par les niveaux de limites, conformément à la classification de la colonne 1 du Tableau 1.

Du point de vue de la protection contre les chocs électriques, la classe réelle d'un circuit de l'EE est fonction de la tension déterminante U_M relative aux tensions alternatives et continues de ce circuit. U_M dépend lui-même de la nature des formes d'onde de tension (c'est-à-dire les tensions ondulées ou hachées et les pointes récurrentes qui peuvent survenir). Ces formes d'onde doivent être prises en compte dans l'exécution des calculs.

Il convient de comprendre que la méthode de calcul dans la procédure à adopter ci-dessous ne conduit pas à une valeur très bien définie de la tension déterminante U_M . Elle permet cependant de prendre une décision sur la classe du Tableau 1 dont relève la valeur de U_M .

Les trois cas a), b) et c) de formes d'onde sont donnés pour décider la classe de circuit à choisir dans le Tableau 1.

Cas a) pour une tension alternative (voir Figure 5) où:

U_{AC} = tension efficace en volts.

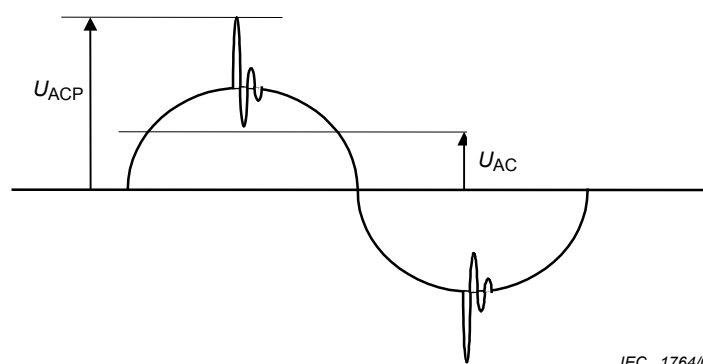
U_{ACP} = valeur crête répétitive en volts.

U_{ACL} = limite de la tension efficace alternative choisie dans la colonne a) du Tableau 1.

si $U_{AC}/U_{ACL} \leq 1$, et $U_{ACP}/(\sqrt{2} \times U_{ACL}) \leq 1$, alors: $U_M \leq U_{ACL}$

Mais si l'une, au moins, de ces deux conditions n'est pas remplie, il faut alors répéter le calcul avec la valeur suivante de U_{ACL} du Tableau 1.

La valeur de U_{ACL} qui satisfait à ces deux conditions doit être prise pour choisir la classe du Tableau 1 applicable au circuit considéré. Si l'une des conditions n'est pas remplie, même avec $U_{ACL} = 1\,400\text{V}$, alors la plus haute classe de tension s'applique (dernière ligne du Tableau 1).



IEC 1764/03

Figure 5 – Forme d'onde typique pour le cas a) (tension alternative)

No agreed procedure is available for the calculation of the decisive voltage at the present time. Therefore the method of calculation which follows shall be used to determine the measures to be taken to provide adequate protection. These measures fall into categories described by the limit levels according to the classifications in column 1 of Table 1.

The actual classification of a circuit of EE with regard to protection against electric shock is dependent upon the decisive voltage U_M which relates to the a.c. and d.c. voltage of the circuit. U_M is also affected by the nature of the voltage waveforms and these shall be taken into consideration when calculations are performed (i.e. the ripple voltage, chopped voltage, and recurring overshoots that may occur).

It should be understood that the method of calculation in the procedure to be adopted below does not lead to a definite solution for a value for decisive voltage U_M . It does however allow a decision to be made as to which classification of Table 1 the value of U_M fits.

Three cases a), b) and c) of waveforms are given for deciding which classification of a circuit shall be chosen from Table 1.

Case a) for a.c. voltage (see Figure 5) where:

U_{AC} = an a.c. voltage (r.m.s.) in volts, with

U_{ACP} = a repetitive peak value in volts, and a value of

U_{ACL} = the limit of the a.c. voltage (r.m.s.) chosen from column a) of Table 1.

If $U_{AC}/U_{ACL} \leq 1$, and $U_{ACP}/(\sqrt{2} \times U_{ACL}) \leq 1$, then: $U_M \leq U_{ACL}$.

But if one or both conditions are not true, then repeat the calculation with the next higher value of U_{ACL} in Table 1.

The value for U_{ACL} for which both conditions are true shall be used to decide which range in Table 1 applies to the circuit considered. If one of the conditions is not true even with $U_{ACL} = 1400$ V a.c., then the higher voltage range applies (Table 1, last row).

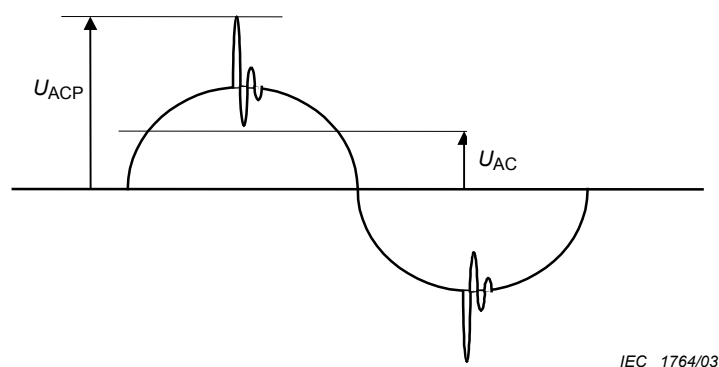


Figure 5 – Typical waveform for case a) a.c. voltage

Cas b) pour une tension continue (voir Figure 6), pour laquelle:

U_{DC} = valeur moyenne d'une tension continue dont le niveau relatif d'ondulation ne dépasse pas 10 % (U_{DCP} est le résultat de la superposition d'une tension continue sans ondulation et d'une tension alternative, le niveau relatif d'ondulation est le rapport de la seconde à la première, les deux exprimées en valeur efficace)

U_{DCP} = valeur crête répétitive de la tension en volts

U_{DCL} = limite de la valeur moyenne de la tension continue en volts, choisie dans la colonne b) du Tableau 1.

Si $U_{DC}/U_{DCL} \leq 1$, et $U_{DCP}/(1,17 \times U_{DCL}) \leq 1$, alors: $U_M \leq U_{DCL}$.

Mais si l'une, au moins, de ces deux conditions est fausse, il faut alors répéter le calcul avec la valeur suivante de U_{DCL} dans le Tableau 1.

La valeur de U_{DCL} qui satisfait à ces deux conditions doit être prise pour choisir la classe du Tableau 1 applicable au circuit considéré. Si l'une des conditions n'est pas remplie, même avec $U_{DCL} = 2\,000$ V c.c., alors la plus haute classe de tension s'applique (dernière ligne du Tableau 1).

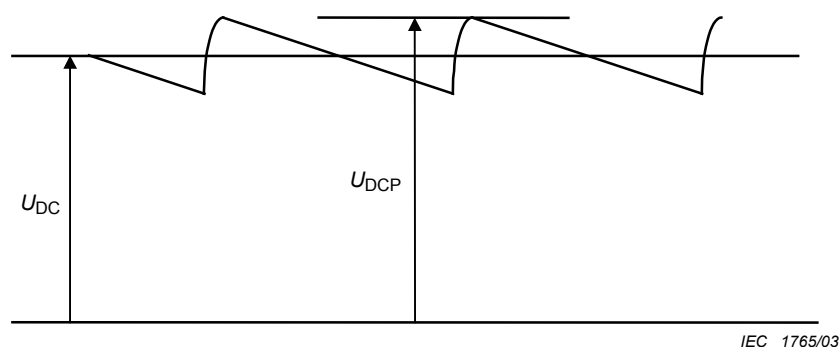


Figure 6 – Forme d'onde typique pour le cas b) (tension continue)

Cas c) tension pulsatoire (voir Figure 7)

Pour une tension pulsatoire (tension continue avec un taux d'ondulation supérieur à 10 %) l'évaluation des deux composantes est faite séparément conformément à la formule ci-dessous dans laquelle:

U_{AC} = composante efficace de la tension alternative en volts.

U_{DC} = valeur moyenne de la composante continue en volts.

U_{ACP} = valeur crête de la composante alternative en volts.

Si $(U_{AC}/U_{ACL} + U_{DC}/U_{DCL}) \leq 1$, et $((U_{ACP}/\sqrt{2} \times U_{ACL}) + (U_{DC}/1,17 \times U_{DCL})) \leq 1$, alors: $U_M \leq U_{DCL}$ et U_{ACL}

Mais si l'une, au moins, de ces deux conditions est fausse, il faut alors répéter le calcul avec les valeurs suivantes de U_{ACL} et U_{DCL} dans le Tableau 1.

Pour déterminer la classe du Tableau 1 applicable au circuit considéré, on doit prendre les valeurs de U_{ACL} et U_{DCL} qui satisfont à ces deux conditions. Si l'une des conditions n'est pas remplie, même avec $U_{ACL} = 1\,400$ V c.a. ou $U_{DCL} = 2\,000$ V c.c., alors la plus haute gamme de tension s'applique (dernière ligne du Tableau 1).

Case b) for d.c. voltage (see Figure 6) – where:

U_{DC} = a d.c. voltage of mean value in which the ripple content giving rise to U_{DCP} is not more than 10 % (10 % r.m.s. ripple content resulting from the ratio of the r.m.s. values of the superimposed a.c. voltage and of the smooth d.c. voltage),

U_{DCP} = the repetitive peak value of the d.c. voltage in volts,

U_{DCL} = the limit of the d.c. voltage mean value in volts, chosen from column b) of Table 1.

If $U_{DC}/U_{DCL} \leq 1$, and $U_{DCP}/(1,17 \times U_{DCL}) \leq 1$, then: $U_M \leq U_{DCL}$.

But if one or both conditions are not true, then repeat the calculation with the next higher value of U_{DCL} in Table 1.

The value for U_{DCL} for which both conditions are true shall be used to decide which range in Table 1 applies to the circuit considered. If one of the conditions is not true even with $U_{DCL} = 2\,000\text{ V d.c.}$, then the higher voltage range applies (Table 1, last row).

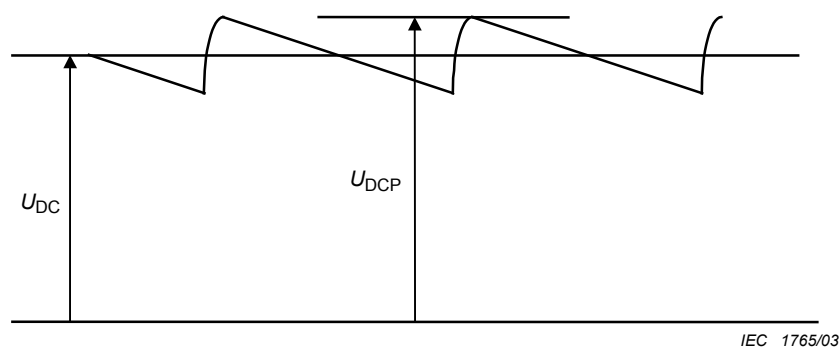


Figure 6 – Typical waveform for case b) d.c. voltage

Case c) for pulsating voltage (see Figure 7)

For a pulsating voltage (d.c. voltage where the ripple content is more than 10 %), the evaluation of both components is made separately according to the formula below, where:

U_{AC} = a.c. voltage component (r.m.s. value), in volts;

U_{DC} = d.c. voltage component (mean value), in volts;

U_{ACP} = repetitive peak value of the a.c. voltage component, in volts.

If $(U_{AC}/U_{ACL} + U_{DC}/U_{DCL}) \leq 1$, and $((U_{ACP}/\sqrt{2} \times U_{ACL}) + (U_{DC}/1,17 \times U_{DCL})) \leq 1$, then $U_M \leq U_{DCL}$ and U_{ACL} .

But if one or both conditions are not true, then repeat the calculation with the next higher values of U_{ACL} and U_{DCL} in Table 1.

The values for U_{ACL} and U_{DCL} for which both conditions are true shall be used to decide which range in Table 1 applies to the circuit considered. If one of the conditions is not true even with $U_{ACL} = 1\,400\text{ V a.c.}$ or $U_{DCL} = 2\,000\text{ V d.c.}$, then the higher voltage range applies (Table 1, last row).

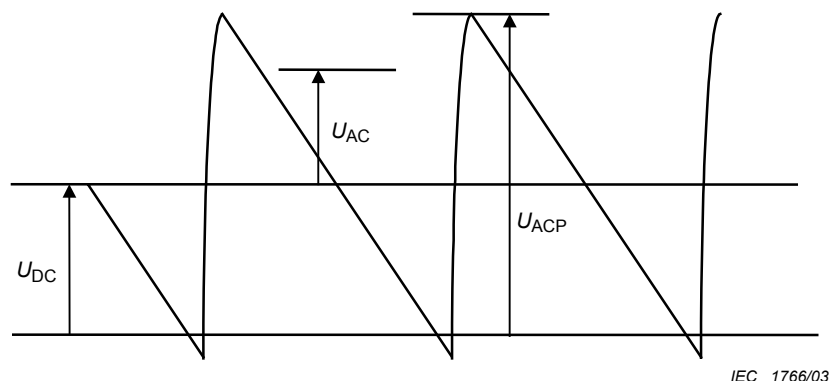


Figure 7 – Forme d'onde typique pour le cas c) (tension pulsatoire)

Ce qui suit donne des informations supplémentaires concernant les limites de tension des cas a), b) et c) du Tableau 1:

U_{ACL} limite de la tension alternative (voir Tableau 1):

$U_{ACL} = 25 \text{ V}$, limite supérieure de la très basse tension de sécurité (TBTS ou TBTP) conformément à 5.2.8.1 et 5.2.8.4.

$U_{ACL} = 50 \text{ V}$, limite supérieure de la tension pour les circuits comprenant des parties conductrices accessibles non reliées au conducteur de protection conformément à 5.2.9.2 a).

$U_{ACL} = 1\,400 \text{ V}$, limite supérieure de la tension alternative conformément à 5.2.9, 5.2.9.6 et 5.2.14.2.

U_{DCL} limite de la tension continue (voir Tableau 1):

$U_{DCL} = 60 \text{ V}$, limite supérieure de la très basse tension de sécurité (TBTS ou TBTP) conformément à 5.2.8.1. et 5.2.8.4.

$U_{DCL} = 120 \text{ V}$, limite supérieure pour les circuits avec des parties conductrices accessibles non reliées au conducteur de protection conformément à 5.2.9.2 a).

$U_{DCL} = 2\,000 \text{ V}$, limite supérieure de la tension continue conformément à 5.2.9, 5.2.9.6 et 5.2.14.2.

Ces tensions sont des valeurs moyennes tenant compte d'un taux d'ondulation efficace ne dépassant pas 10 %.

Le Tableau 1 montre un sommaire des limites de cette tension.

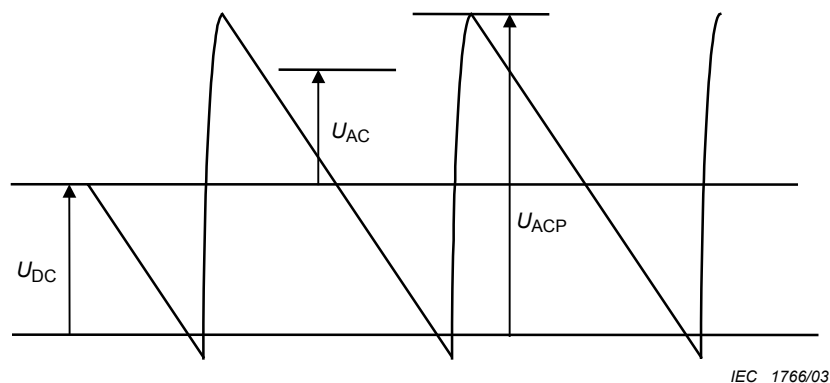


Figure 7 – Typical waveform for case c) pulsating voltage

The following give additional information relating to the limit voltages of cases a), b) and c) of Table 1:

U_{ACL} limit of a.c. voltage (see Table 1):

$U_{ACL} = 25 \text{ V}$ as the upper limit of protective extra-low voltage (SELV or PELV) according to 5.2.8.1 and 5.2.8.4.

$U_{ACL} = 50 \text{ V}$ as the upper limit for circuits with exposed conductive parts without protective bonding according to 5.2.9.2 a).

$U_{ACL} = 1\,400 \text{ V}$ as limit of the a.c. voltage according to 5.2.9, 5.2.9.6 and 5.2.14.2.

U_{DCL} limit of d.c. voltage (see Table 1):

$U_{DCL} = 60 \text{ V}$ as the upper limit of protective extra-low voltage (SELV or PELV) according to 5.2.8.1 and 5.2.8.4.

$U_{DCL} = 120 \text{ V}$ as the upper limit for circuits with exposed conductive parts without protective bonding according to 5.2.9.2 a).

$U_{DCL} = 2\,000 \text{ V}$ as the limit of the d.c. voltage according to 5.2.9, 5.2.9.6 and 5.2.14.2.

These voltages are mean values allowing for a ripple content of not more than 10 % r.m.s.

Table 1 gives a summary of the limits of the decisive voltage.

Tableau 1 – Sommaire des limites de la tension déterminante U_M

Classification d'un circuit dans un EE	Limite de la tension déterminante U_M			Paragraphe
	a) tension alternative efficace U_{ACL} V	b) tension moyenne continue U_{DCL} V	c) tension alternative crête $U_{ACL} \times \sqrt{2}$ V	
Circuits électriques bénéficiant d'une séparation de protection et non protégés contre les contacts directs	25	60	35	5.2.8.1 5.2.8.4
Masses bénéficiant d'une séparation de protection et sans conducteur de protection	50	120	71	5.2.9.2 a)
Circuits de tension supérieure	1 400	2 000	2 000	5.2.9 5.2.9.6 5.2.14.2
NOTE Les limites de la très basse tension de la tension déterminante sont celles de la CEI 60364-4-41.				

Ces trois niveaux de limites de tension déterminante dans le Tableau 1 entraînent quatre gammes de tensions t:

- 1) $U_M \leq 25$ V c.a. ou 60 V c.c.
s'applique aux circuits sans protection contre les contacts directs, mais avec une séparation de protection avec les circuits adjacents pour lesquels $U_M > 50$ V c.a. ou 60 V c.c.
- 2) 25 V c.a. ou 60 V c.c. $< U_M \leq 50$ V c.a. ou 120 V c.c.
s'applique aux circuits avec protection contre les contacts directs et avec une séparation de protection avec les circuits adjacents pour lesquels $U_M > 50$ V c.a. ou 120 V c.c., mais sans équipotentialité de protection des masses.
- 3) 50 V c.a. or 120 V c.c. $< U_M \leq 1\,400$ V c.a. or $2\,000$ V c.c.
s'applique aux circuits avec protection contre les contacts directs avec une séparation de protection avec les circuits adjacents pour lesquels $U_M > 1\,400$ V c.a. ou $2\,000$ V c.c. et avec équipotentialité de protection ou double-isolation ou isolation renforcée des masses. Une isolation principale est exigée vis-à-vis des circuits adjacents pour lesquels 50 V c.a. ou 120 V c.c. $< U_M \leq 1\,400$ V c.a. ou $2\,000$ V c.c.
- 4) $U_M > 1\,400$ V c.a. ou $2\,000$ V c.c.
s'applique aux circuits avec protection contre les contacts directs, avec équipotentialité de protection des masses et avec une isolation principale vis-à-vis des circuits adjacents pour lesquels $U_M > 1\,400$ V c.a. ou $2\,000$ V c.c.

Se reporter aux Figures 9 et 10 pour l'étude de l'isolement en fonction des gammes de tension (voir Annexe A).

5.2.14 Isolant solide, isolation des circuits

L'isolant solide doit être conçu pour résister aux contraintes mécaniques, électriques, thermiques et climatiques pouvant survenir durant l'utilisation normale du matériel et doit conserver ses propriétés pendant toute la durée de vie de l'équipement. Cela s'applique de la même manière aux isolants liquides. Des matériaux minces que l'on peut facilement détériorer comme les revêtements par enduit laqué ou oxydé et anodisé sont insuffisants pour satisfaire aux exigences de cette norme.

Table 1 – Summary of the limits of the decisive voltage U_M

Classification of a circuit in EE	Limit of decisive voltage U_M			Subclause
	a) a.c. voltage (r.m.s. value) U_{ACL}	b) d.c. voltage (mean value) U_{DCL}	c) a.c. voltage (peak value) $U_{ACL} \times \sqrt{2}$	
Electric circuits with protective separation and without protection against direct contact	25	60	35	5.2.8.1 5.2.8.4
Exposed conductive parts of circuits with protective separation and without protective bonding	50	120	71	5.2.9.2 a)
Circuits with higher voltage	1 400	2 000	2 000	5.2.9 5.2.9.6 5.2.14.2
NOTE The extra-low-voltage limits of decisive voltage are those from IEC 60364-4-41.				

According to the three limit levels for the decisive voltage in Table 1, four voltage ranges exist:

1) $U_M \leq 25$ V a.c. or 60 V d.c.

applies to circuits without protection against direct contact, but with protective separation to adjacent circuits with $U_M > 50$ V a.c. or 60 V d.c.;

2) 25 V a.c. or 60 V d.c. $< U_M \leq 50$ V a.c. or 120 V d.c.

applies to circuits with protection against direct contact and protective separation to adjacent circuits with $U_M > 50$ V a.c. or 120 V d.c., but without protective bonding of the exposed conductive parts;

3) 50 V a.c. or 120 V d.c. $< U_M \leq 1\,400$ V a.c. or 2 000 V d.c.

applies to circuits with protection against direct contact and protective separation to adjacent circuits with $U_M > 1\,400$ V a.c. or 2 000 V d.c. and with protective bonding or double or reinforced insulation of exposed conductive parts. Basic insulation is required from adjacent circuits with 50 V a.c. or 120 V d.c. $< U_M \leq 1\,400$ V a.c. or 2 000 V d.c.

4) $U_M > 1\,400$ V a.c. or 2 000 V d.c.

applies to circuits with protection against direct contact, with protective bonding of exposed conductive parts and with basic insulation to adjacent circuits with $U_M > 1\,400$ V a.c. or 2 000 V d.c.

For the design of the insulation depending on these voltage ranges, see Figures 9 and 10 (see Annex A).

5.2.14 Solid insulation, insulation of circuits

Solid insulation shall be designed to resist the stresses, especially mechanical, electrical, thermal and climatic stresses that are to be expected in normal use and, it shall have a sufficient resistance to ageing during the lifetime of EE. This also applies to liquid insulation. Thin, easily damageable materials such as coating with lacquer or oxides and anode coatings are considered insufficient to satisfy these requirements.

La conception de l'isolation solide résulte des Figures 11 à 13 en liaison avec les Figures 8 à 10. Les paragraphes 5.2.14.1 à 5.2.14.3 fournissent des exigences supplémentaires.

Les vérifications doivent être exécutées par inspection visuelle. En cas de doute, on doit mesurer l'épaisseur de l'isolant et recalculer la tenue diélectrique.

5.2.14.1 Isolation entre circuits et masses (ou surfaces accessibles) de l'EE

Une isolation principale, supplémentaire, double ou renforcée doit être mise en place pour se protéger contre les chocs électriques.

Cette isolation doit être définie conformément aux valeurs de tension d'isolement assignée, pour une tension de tenue au choc déterminée à partir des colonnes 6 et 8 des Tableaux 3 et 4.

Lorsque les distances d'isolement ne permettent pas de tenir la surtension de catégorie III (voir le Tableau 1 de la CEI 60664-1) dont les valeurs sont reportées dans la colonne 6 du Tableau 3, et qu'il a été décidé de choisir des distances d'isolement différentes, conformément aux alinéas 3 ou 4 de 5.2.16.1, alors c'est la tension de tenue au choc correspondant à ces distances qui définira le niveau de tension d'isolement assigné.

Les dispositions suivantes doivent s'appliquer à la détermination de l'isolement entre les parties actives et les masses de l'EE, conformément aux points b)1) à b)4) de 5.2.3.

Lorsqu'une étude implique une répartition entre isolation principale et supplémentaire, ou une division de l'isolation double, autour d'un circuit actif, c'est la plus haute des tensions assignées d'isolement qui doit être utilisée pour la définition de la protection, et non la tension du circuit considéré. La Figure A.4 illustre ce propos.

L'alinéa précédent ne s'applique pas aux circuits de faibles dimensions (environ 50 mm × 50 mm) qui, lorsque l'EE est utilisé suivant ses spécifications, n'ont pas lieu d'être saisis ou touchés, ou qui ne peuvent être saisis, ou dont la probabilité de les toucher est faible.

La Figure A.5 donne des exemples de l'isolation exigée pour des éléments d'appareillage de commande.

Pour les essais en tension se reporter à 9.4.5.1 et 9.4.5.2.

5.2.14.2 Isolation entre circuits

On doit appliquer l'isolation principale entre circuits séparés de l'EE, sauf:

- entre des circuits réalisés suivant 5.2.8 et d'autres circuits qui ne sont pas conformes à 5.2.8;
- entre des circuits de tension déterminante supérieure à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c. et des circuits conçus pour une tension déterminante plus faible.

Ces circuits doivent être isolés suivant les dispositions de la séparation des protections (voir 5.2.18; isolation double, renforcée, ou écran de protection).

NOTE Dans ce cas la mise à la terre du secondaire du transformateur n'est pas nécessaire.

L'isolation doit être prévue pour supporter la tension de tenue au choc correspondant à la tension d'isolement assignée lue dans les colonnes 6 et 8 du Tableau 3 et du Tableau 4.

Pour les essais de tension, voir 9.4.5.

The design requirements for solid insulation are determined from Figures 11 to 13 in relation to Figures 8 to 10. Additional requirements are given in 5.2.14.1 to 5.2.14.3.

Testing shall be by visual inspection. In case of doubt measurement of the thickness of the insulation and re-calculation of its dielectric strength shall be made.

5.2.14.1 Between circuits and exposed conductive parts or accessible surfaces of EE

Basic, supplementary, double or reinforced insulation shall be applied for the protection against electric shock.

This insulation shall be designed according to the rated insulation voltage (RIV) for an impulse withstand voltage, determined from Table 3 or 4, column 6 or 8, according to 5.2.16.1 or 5.2.16.2.

Where the appropriate clearances are not designed to meet overvoltage category III (see Table 1 of IEC 60664-1) as set out in column 6 of Table 3, and it is decided to choose alternative clearances according to paragraph 3 or 4 of 5.2.16.1, then the impulse withstand voltage appropriate to these clearances determines the RIV.

The following shall apply for the insulation between live parts and the surface of accessible parts of EE according to 5.2.3 b)1) to b)4):

When a design involves subdivided basic and supplementary insulation or subdivided double insulation with an electrical circuit in between, then the highest of the RIVs shall be employed for design purposes, and not the voltage of the particular circuit. Figure A.4 shows an example.

The foregoing paragraph does not apply to parts with small dimensions (approximately 50 mm x 50 mm) which, when the EE is used as intended, are not required to be touched or cannot be grasped or where the danger of touch is not significant.

Figure A.5 shows examples for the insulation required for control elements.

For voltage tests, see 9.4.5.1 and 9.4.5.2.

5.2.14.2 Between circuits

Basic insulation shall be applied between separate circuits of an EE.

Exceptions are

- between circuits designed according to 5.2.8 and other circuits not designed according to 5.2.8;
- between circuits designed for a decisive voltage of more than 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c. and other circuits designed for a lower decisive voltage.

These circuits shall be insulated as per the requirements of protective separation (see 5.2.18; double or reinforced insulation or protective screening).

NOTE In this case, earthing of the secondary transformer is not necessary.

The insulation shall be designed for an impulse withstand voltage which corresponds to the respective rated insulation voltage, determined from columns 6 or 8 in Tables 3 or 4.

For voltage tests, see 9.4.5.

5.2.14.3 Pontage de l'isolation par des éléments conducteurs

Des éléments conducteurs (résistances ou condensateurs par exemple) qui pontent une isolation telle qu'elle est décrite en 5.2.14.1 et 5.2.14.2 doivent supporter les mêmes contraintes électriques que celles définies pour l'isolation qu'ils sont chargés de ponter. Si l'isolation pontée est double ou renforcée, ces éléments doivent, de plus, suivre les exigences des impédances de protection suivant 5.2.8.3.

Pour les essais en tension, se reporter à 9.4.5.

5.2.15 Distances d'isolement et lignes de fuite, degré de pollution

5.2.15.1 Distances d'isolement et lignes de fuite

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être déterminées conformément aux principes de la CEI 60664-1.

Les valeurs ainsi spécifiées sont des valeurs minimales. On doit prendre en compte les tolérances de fabrication, lors de l'installation ou du raccordement de l'EE sur site. On doit prévoir des distances d'isolement et des lignes de fuite plus importantes en particulier, lorsqu'elles ont été récemment créées ou modifiées par le type de montage ou la méthode de câblage pendant l'installation ou le raccordement de l'EE sur le site (voir 8.2). Les valeurs minimales prescrites ne doivent pas se réduire durant la durée de vie de l'EE.

La détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite doit tenir compte de la dégradation prévisible de l'équipement durant sa vie utile, dans l'environnement considéré.

De plus, si des exigences de fiabilité renforcée sont demandées, il conviendra d'augmenter considérablement ces valeurs.

La détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite ne s'applique pas à l'intérieur des enveloppes, qui fournissent un environnement dont l'étanchéité à la pollution et à la condensation a été prouvée.

Cette détermination ne s'applique pas non plus aux composants passifs ou actifs, lorsque des dispositions constructives adéquates sont prises pour éviter la pollution et la génération de condensation (cas des composants semi-conducteurs, des condensateurs, et des circuits imprimés équipés, vernis ou protégés par un revêtement adéquat assurant une protection contre la pollution et l'humidité, conformément aux prescriptions de 4.1 de la CEI 60664-3). Pour les éléments protégés par un vernis ou un revêtement adéquat, les essais de 9.4.4.4 doivent être appliqués.

Le paragraphe 4.2 de la CEI 60664-1 contient 11 exemples illustrant les mesures de distances d'isolement et de lignes de fuite.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être choisies en tenant compte des considérations suivantes:

- degré de pollution;
- catégorie de surtension;
- tension assignée d'isolement;
- type de l'isolation;
- emplacement de l'isolation;
- type de circuit considéré.

Le type d'isolation et la tension assignée d'isolement doivent être déterminés en utilisant les diagrammes des Figures 8 à 10.

5.2.14.3 Bridging of the insulation via conductive parts

Conductive parts, for example resistors and capacitors, which bridge over an insulation according to 5.2.14.1 or 5.2.14.2 shall withstand the same electric stress as that defined for the insulation concerned. If these components bridge over a double or reinforced insulation, then they shall correspond additionally to the requirements of protective impedance according to 5.2.8.3.

For voltage tests see 9.4.5.

5.2.15 Clearances and creepage distances, pollution degree

5.2.15.1 Clearances and creepage distances

Clearances and creepage distances shall be selected according to the principles of IEC 60664-1.

The determined clearances and creepage distances are minimum values. Manufacturing tolerances shall be taken into account, when installing or connecting EE on site. Greater clearances and creepage distances shall be provided particularly, when they may be newly created or changed by the type of mounting or method of wiring during installation or connection of the EE on site (see 8.2). The defined minimum values shall not diminish during the working life of the EE.

The design of clearances and creepage distances shall make allowance for the total degradation to be expected during the working life in the expected environment.

In addition, where there is a requirement for enhanced reliability, it is appropriate to increase the distances considerably.

The determination of clearances and creepage distances does not apply to the interior of enclosures which provide a sealed environment which has been proven to be impervious to pollution, or precipitation of moisture.

In addition, the determination of clearances and creepage distances does not apply to active or passive components when pollution, or precipitation of moisture is avoided by suitable construction methods. Examples are semiconductors, capacitors, and printed circuit boards which have been covered with varnish or protective coating of adequate and proven quality for protection of the item against pollution and moisture to the requirements of 4.1 of IEC 60664-3. In the case of use of items which have been covered with varnish or protective coating, the test of 9.4.4.4 shall be applied.

Eleven examples showing how to measure a clearance or a creepage distance are contained in 4.2 of IEC 60664-1.

Clearances and creepage distances shall be selected under consideration of the following influences:

- pollution degree;
- overvoltage category;
- rated insulation voltage;
- type of insulation;
- location of insulation;
- type of circuit considered.

The type of insulation and the rated insulation voltage shall be determined using the flow charts in Figures 8 to 10.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être déterminées en utilisant les diagrammes des Figures 11 à 13 et les Tableaux 3 à 6 (voir 5.2.16 à 5.2.17).

La vérification doit être exécutée par une inspection visuelle. En cas de doute, on doit procéder à la mesure de ces distances conformément à 9.4.4.1.

Les abréviations suivantes sont utilisées dans les Figures 8 à 13:

- U_{TIA} Tension d'isolement assignée, comme définie en 5.2.16.1 à 5.2.16.3 pour les distances d'isolement et en 5.2.17 pour les lignes de fuite.
- U_M Tension déterminante du circuit considéré.
- TTC Tension de tenue au choc.
- IRC Indice de résistance au cheminement.
- CI Carte de circuit imprimé.

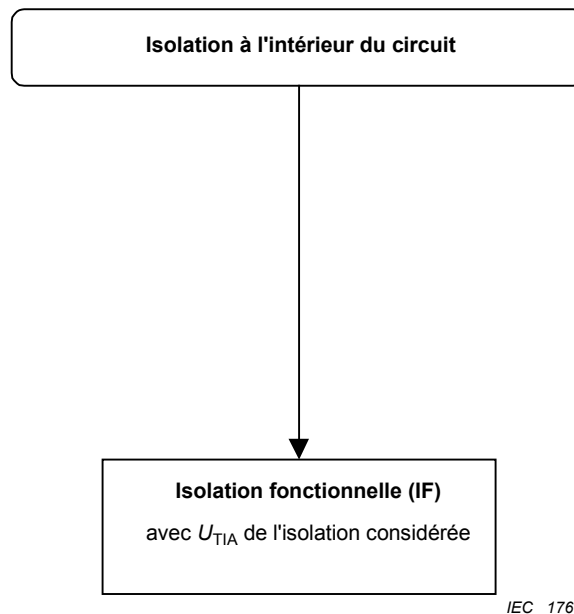


Figure 8 – Détermination de l'isolation à l'intérieur d'un circuit

The clearances and creepage distances shall be determined using the flow charts in Figures 11 to 13 and Tables 3 to 6 (see 5.2.16 to 5.2.17).

Tests shall be made by visual inspection. In case of doubt, re-measurement of clearances and creepage distances shall be made according to 9.4.4.1.

The following abbreviations are used in Figures 8 to 13:

- U_{RIV} Rated insulation voltage, as defined in 5.2.16.1 to 5.2.16.3 for clearances and in 5.2.17 for creepage distances.
- U_M Decisive voltage of circuit under consideration.
- U_{IW} Impulse withstand voltage.
- CTI Comparative tracking index.
- PWB Printed wiring board.

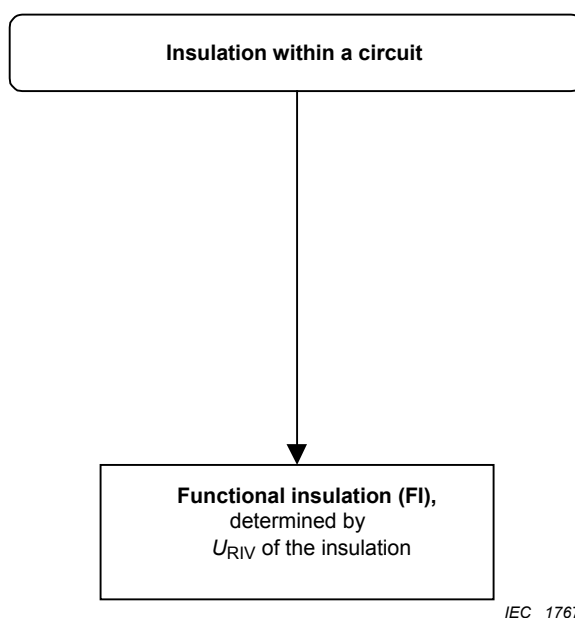


Figure 8 – Determination of functional insulation

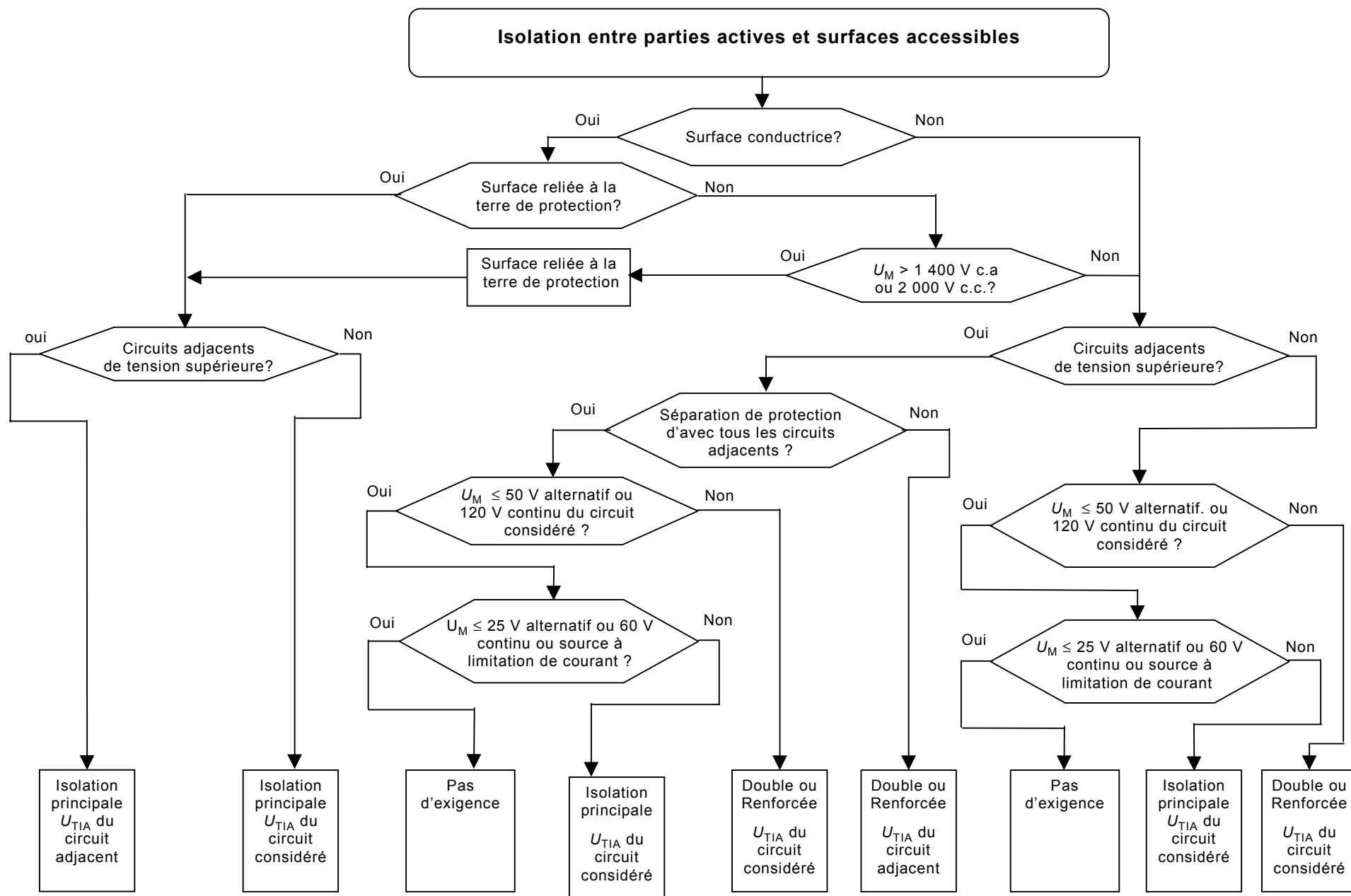
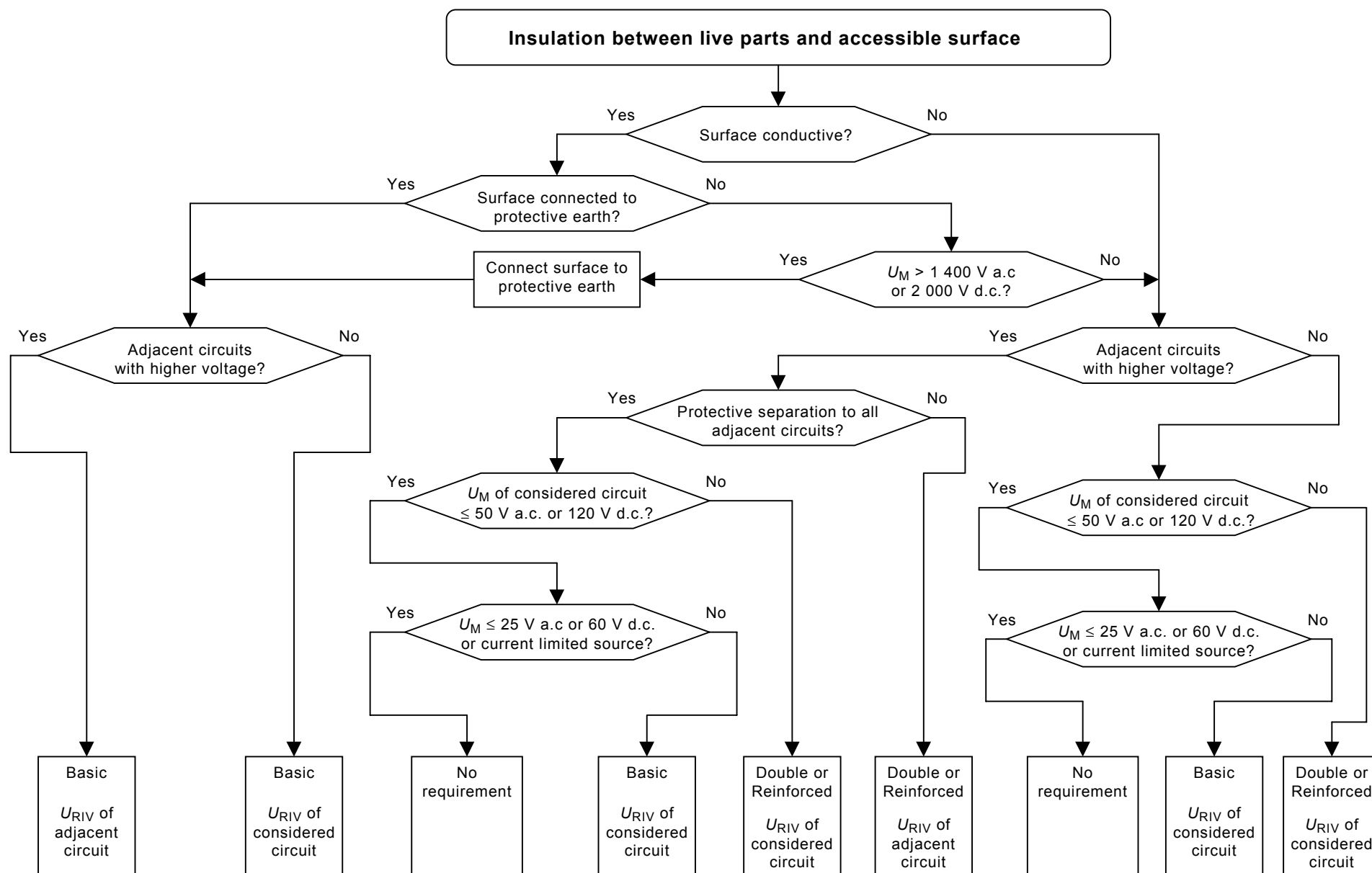


Figure 9 – Détermination de l'isolation entre parties actives et surfaces accessibles



IEC 1768/03

Figure 9 – Determination of insulation between live parts and accessible surfaces

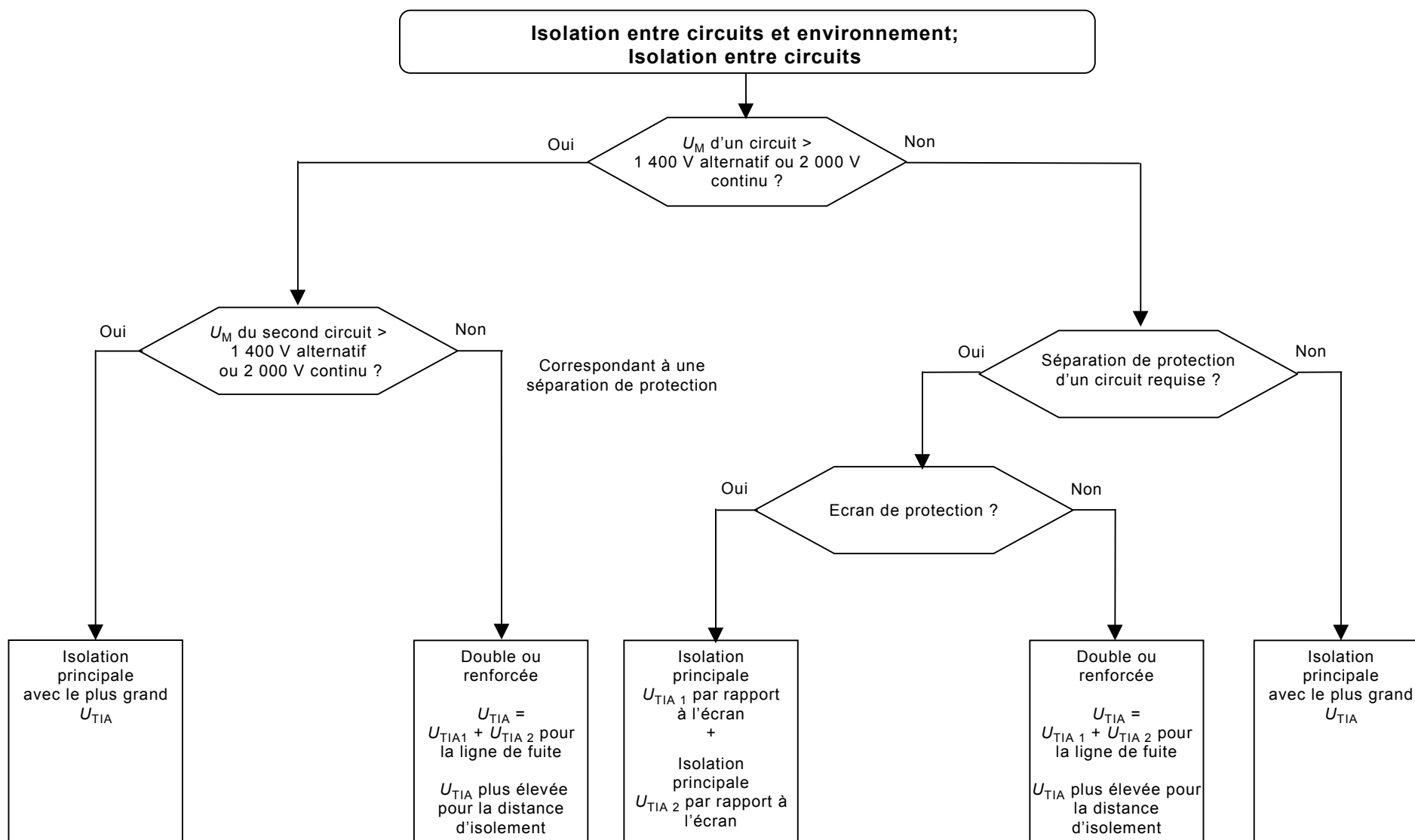
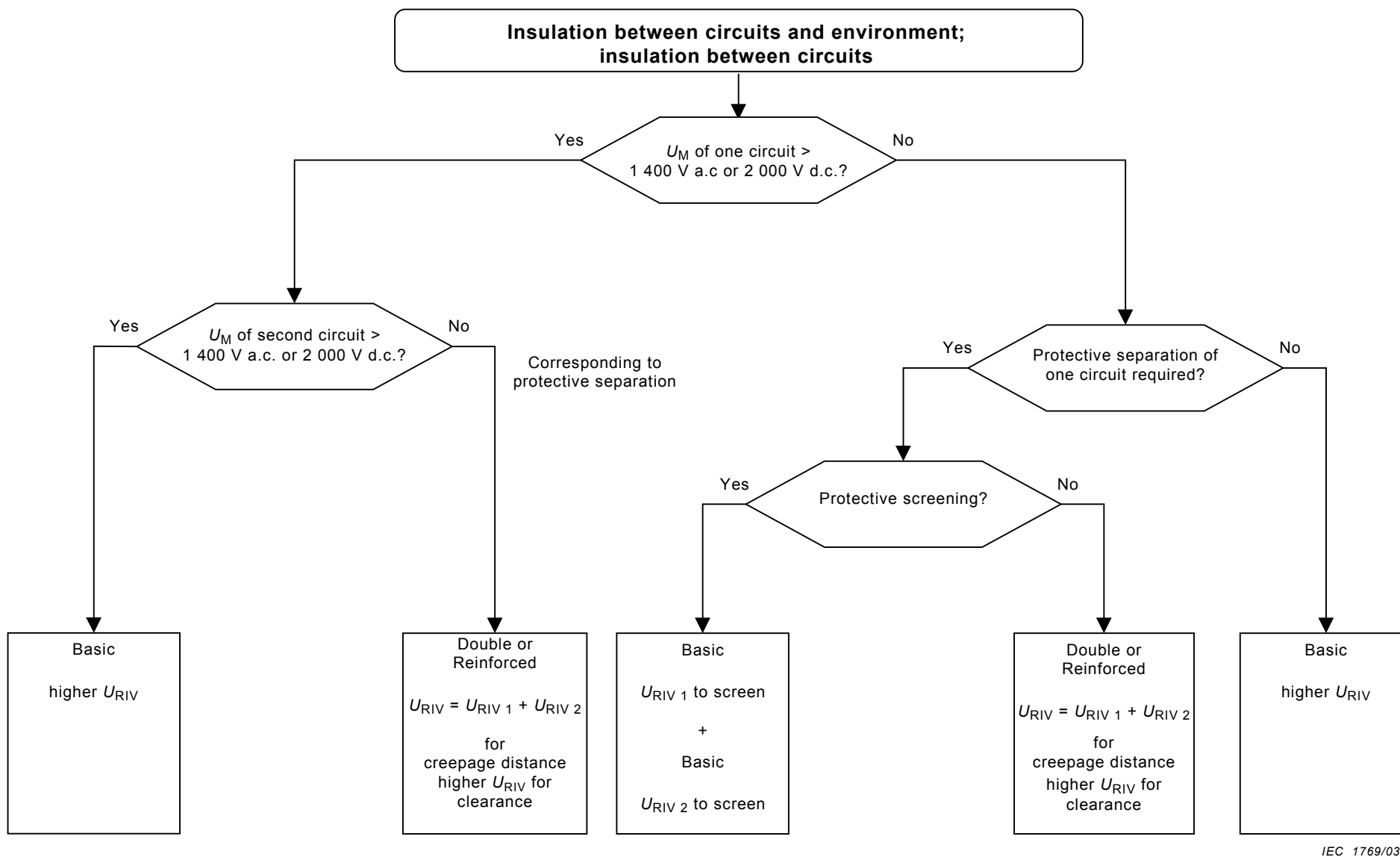
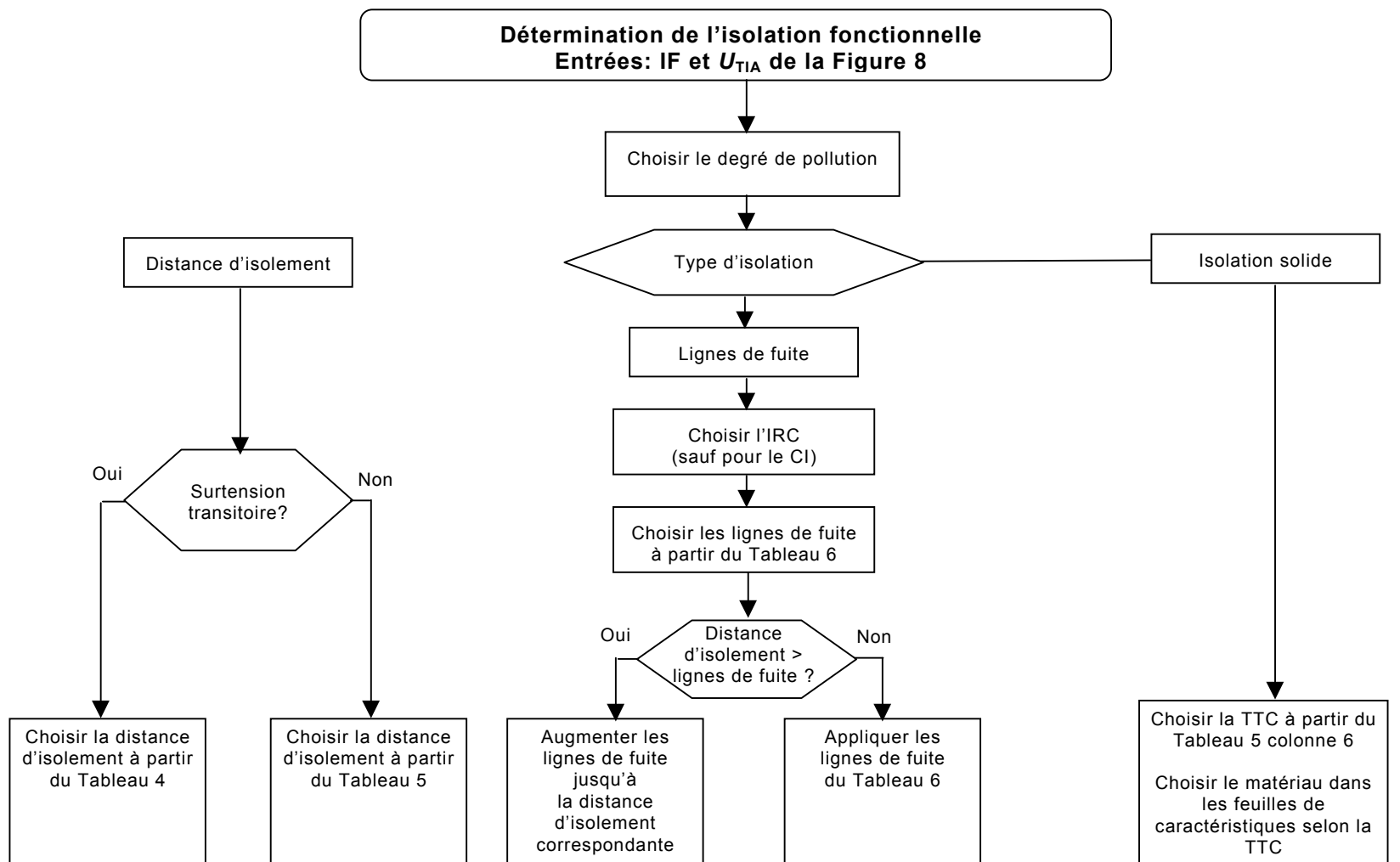


Figure 10 – Détermination de l'isolation a) entre circuits et environnement, et b) entre circuits



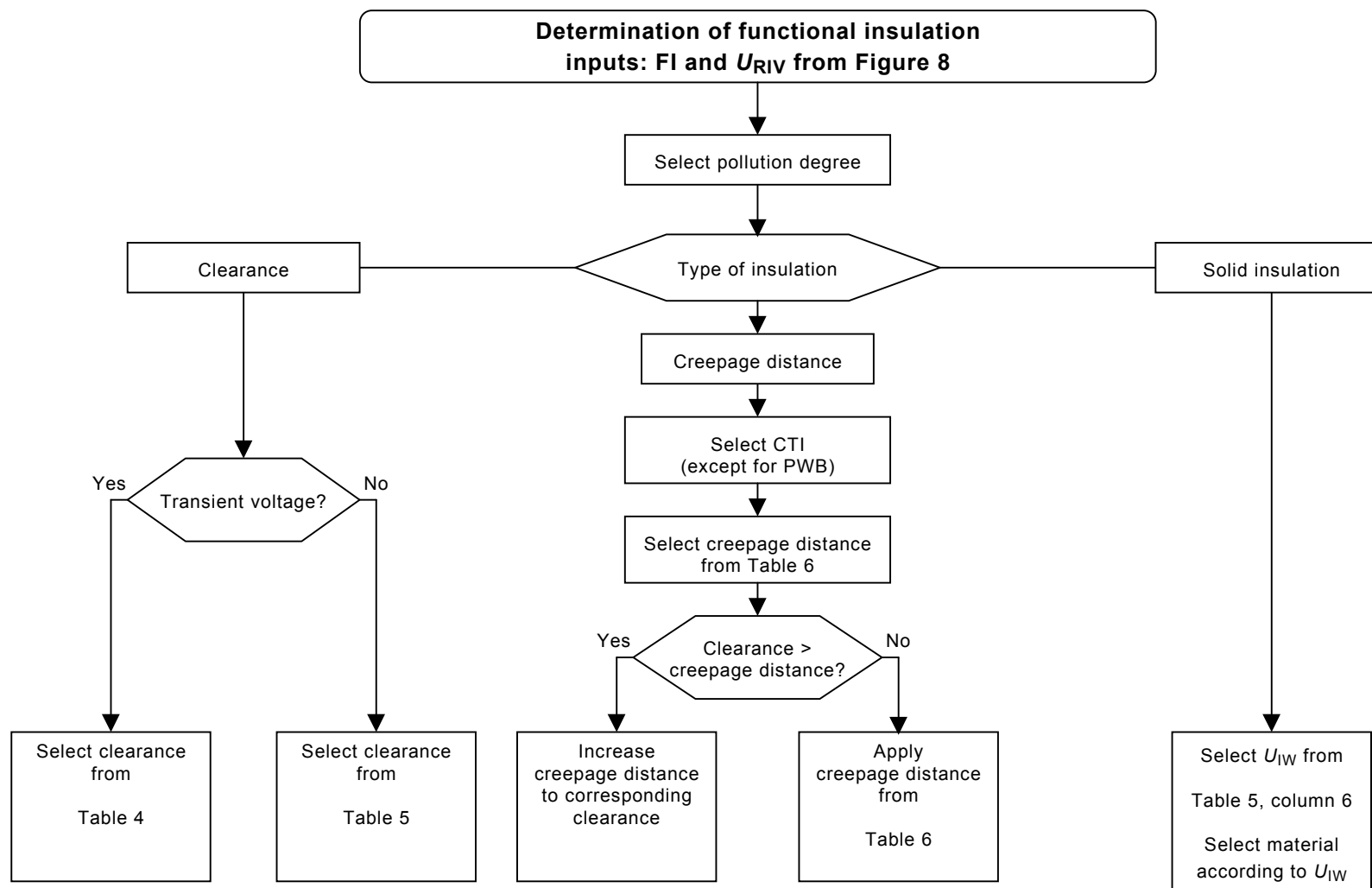
IEC 1769/03

Figure 10 – Determination of insulation a) between circuits and the environment, and b) between circuits



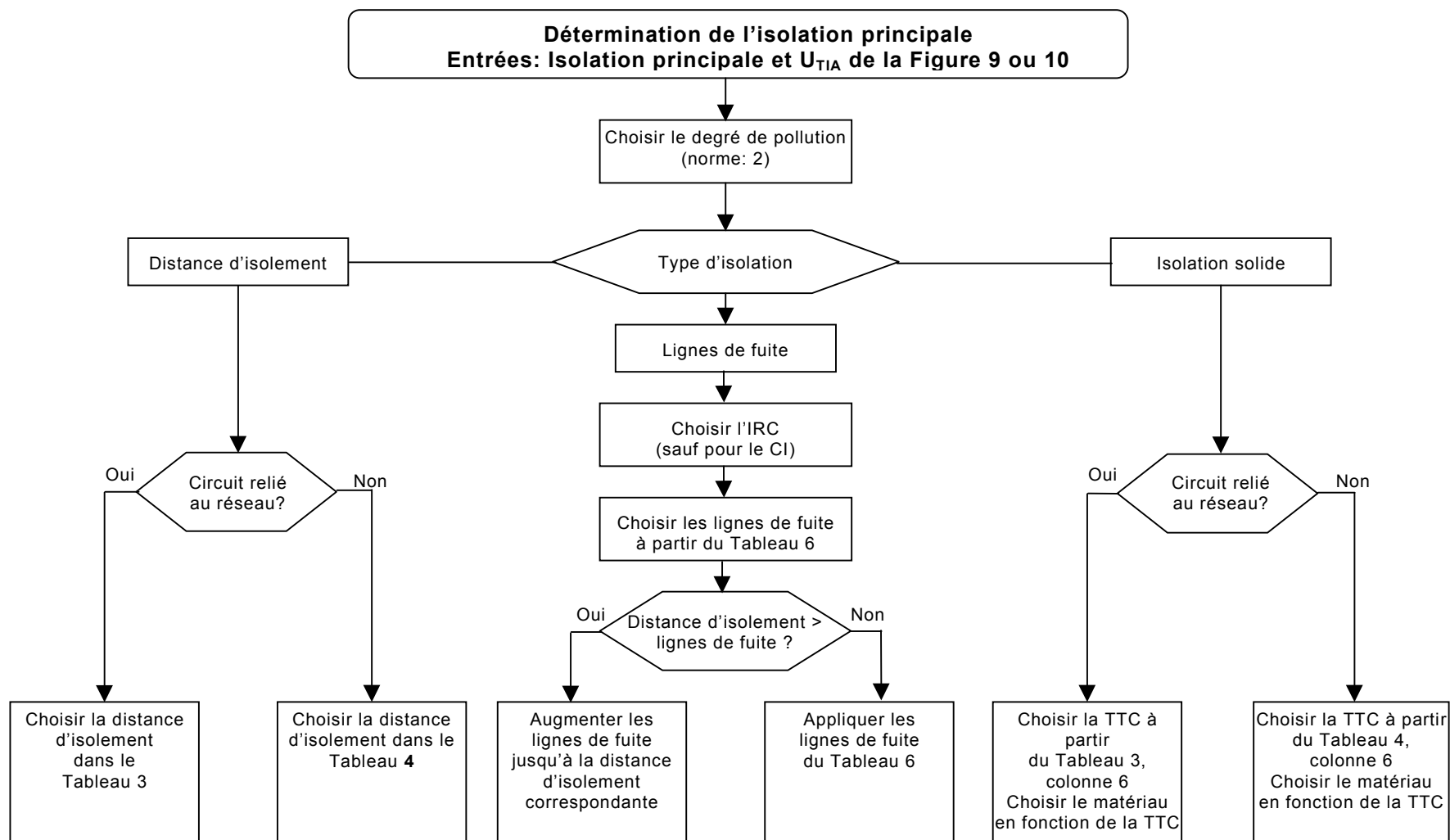
IEC 1770/03

Figure 11 – Détermination de l'isolation fonctionnelle



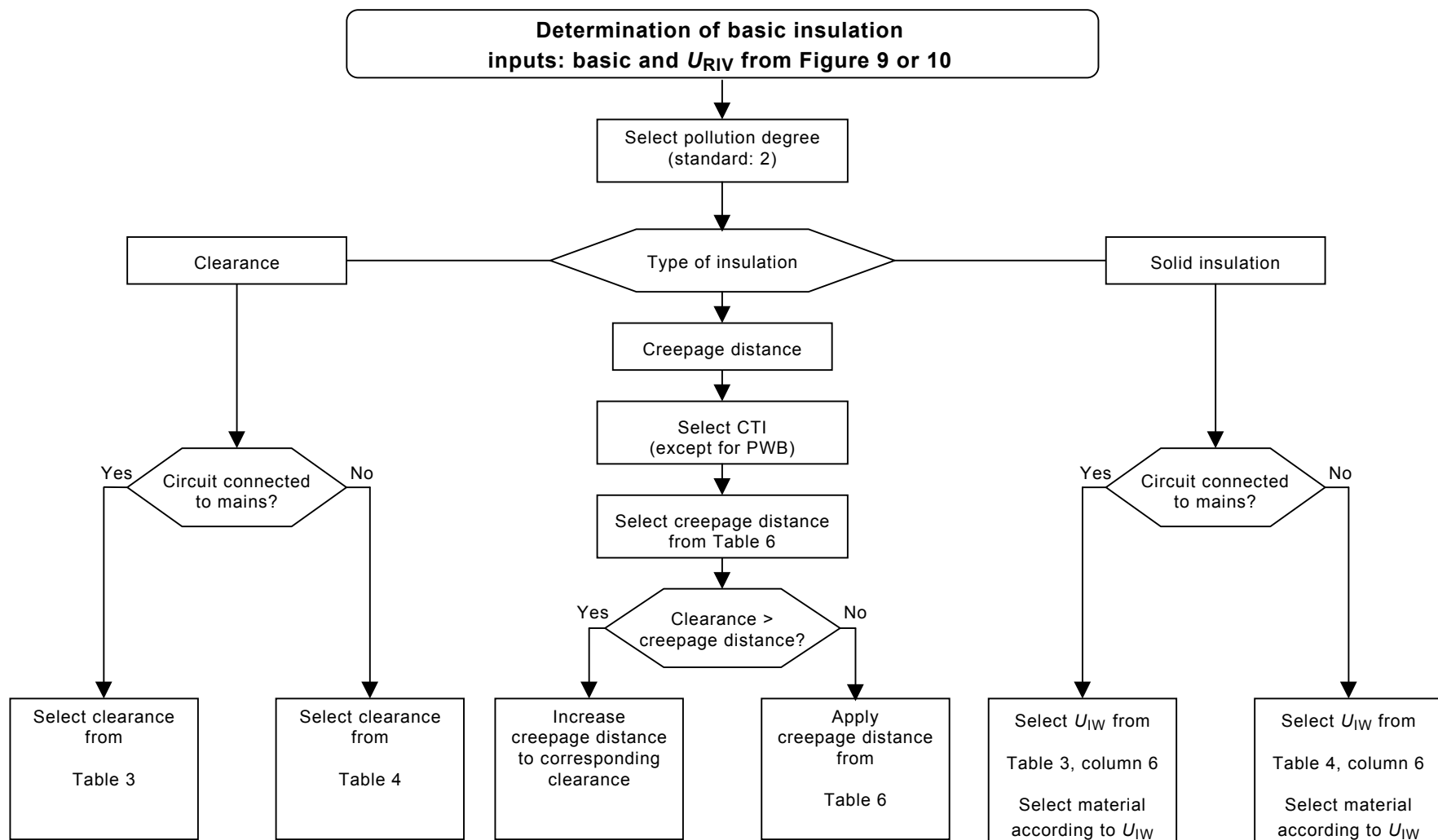
IEC 1770/03

Figure 11 – Determination of functional insulation



IEC 1771/03

Figure 12 – Détermination de l'isolation principale



IEC 1771/03

Figure 12 – Determination of basic insulation

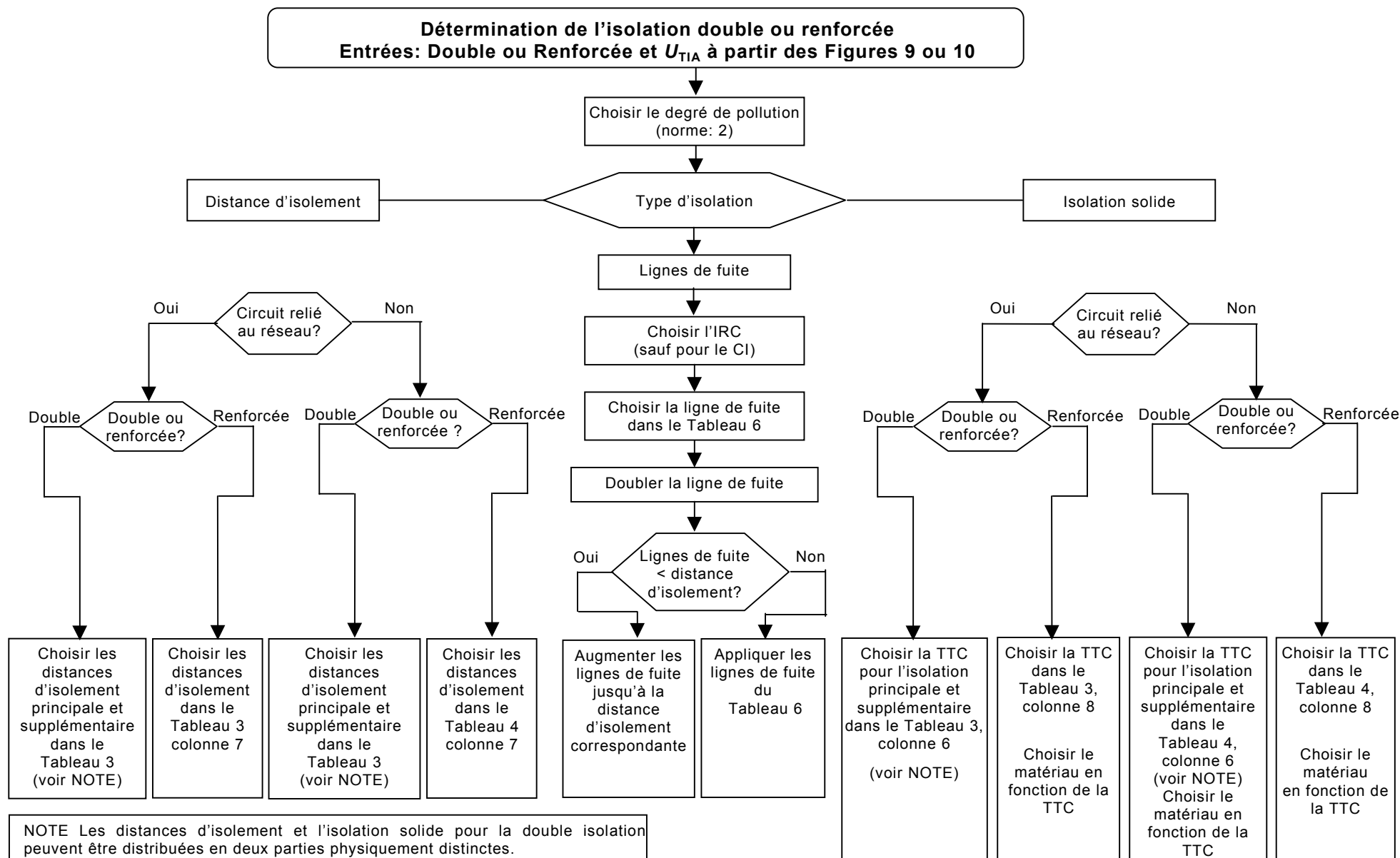


Figure 13 – Détermination de l'isolation double ou renforcée

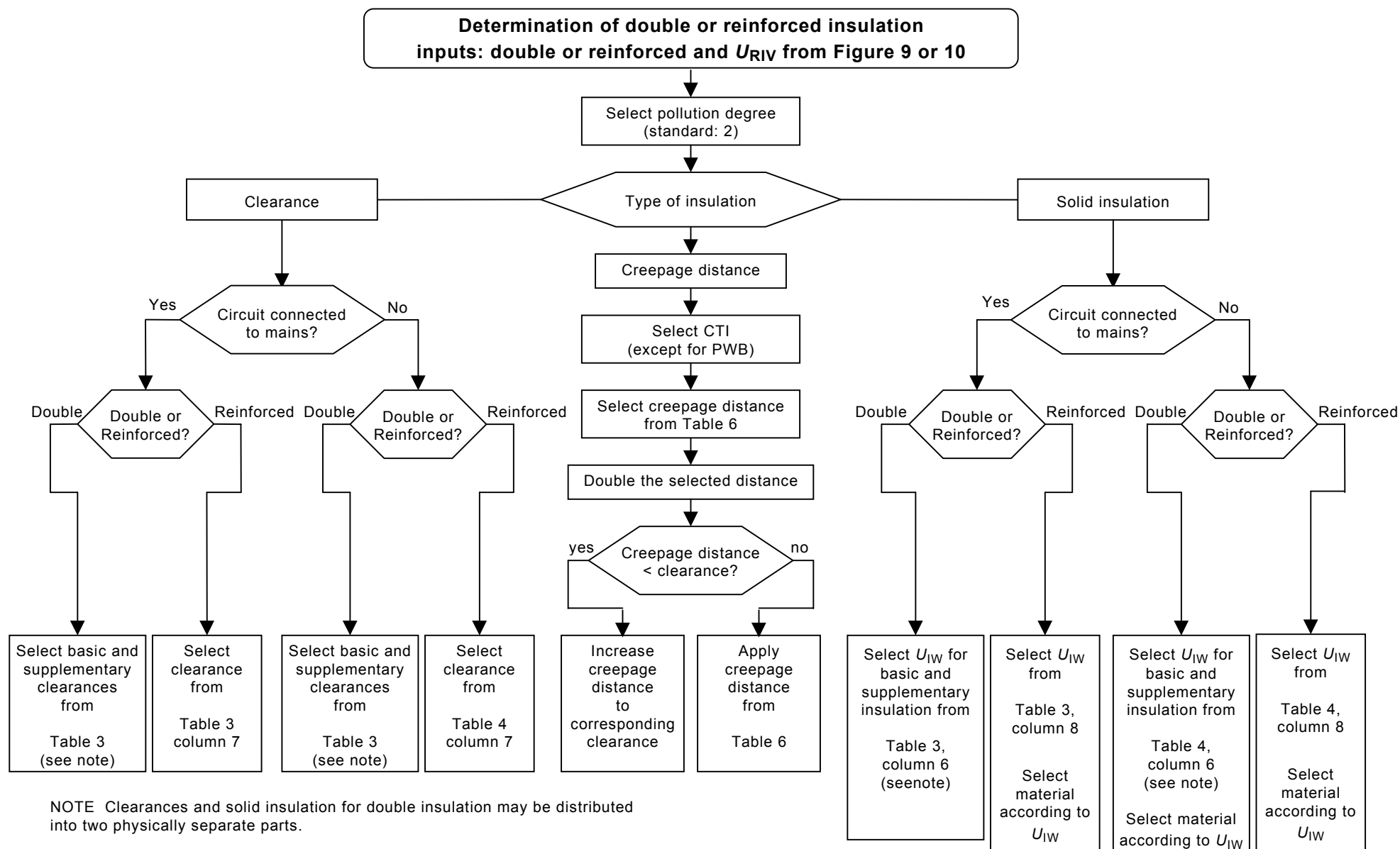


Figure 13 – Determination of double or reinforced insulation

5.2.15.2 Degré de pollution

La pollution qui survient durant la vie utile de l'EE et ses effets sur les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être pris en considération lors de la détermination du degré de pollution (2.5.1 de la CEI 60664-1). On doit donc appliquer les caractéristiques de micro-environnement du Tableau 2 pour le dimensionnement des distances et des lignes de fuite. D'autres degrés de pollution peuvent être applicables au site où l'EE doit être installé.

L'EE doit normalement être conçu pour un degré de pollution 2. Si un degré de pollution différent est prévu, sa valeur doit être précisée dans la documentation.

NOTE En cas de difficultés d'application, on peut satisfaire aux exigences des conditions du micro-environnement par le biais des mesures suivantes:

- utilisation d'enveloppes pour se protéger de la pénétration d'eau extérieure et de la pollution conductrice (voir 6.1.3);
- protection contre la condensation, par exemple, par réchauffage;
- nettoyage pour ôter les poussières polluantes. Il faut que cette mesure soit précisée dans la documentation.

Il convient que cette disposition ne soit pas prise en compte pour la définition des distances d'isolement et des lignes de fuite assurant une séparation de protection et/ou une isolation totale (équipement de protection de classe II).

Tableau 2 – Définitions des degrés de pollution

Degré de pollution	Micro-environnement
1	Pas de pollution, ou pollution sèche non conductrice. La pollution n'a pas d'influence.
2	Normalement pollution non conductrice. Condensation occasionnelle provoquant une pollution conductrice temporaire, lors de l'arrêt de l'EE.
3	Pollution conductrice ou pollution sèche non conductrice devenant conductrice lors d'une condensation prévisible.
4	Pollution conductrice persistante provoquée, par exemple, par des poussières conductrices, de la pluie ou de la neige.
NOTE La spécification du degré 2 de pollution est différente de celle spécifiée en 2.5.1 de la CEI 60664-1 en ce qui concerne la condensation de courte durée, lorsqu'un circuit imprimé est déplacé d'une zone de basse température (extérieur) vers la zone de travail de l'EE où la température est plus élevée.	

5.2.16 Distances d'isolement

Les distances d'isolement doivent être dimensionnées:

- Entre les circuits alimentés directement par le réseau et leur environnement conformément au Tableau 3.

On entend par «circuits alimentés directement par le réseau de l'EE» ceux qui sont raccordés directement au réseau d'alimentation. Les circuits reliés au réseau d'alimentation par de simples impédances de protection selon 5.2.8.3, ou au moyen de dispositifs de limitation de la tension selon 5.2.8.4, ne sont pas considérés comme des circuits alimentés directement par le réseau.

- Entre les circuits non alimentés directement par le réseau et leur environnement, conformément au Tableau 4 (voir 5.2.16.2).

On entend par «circuits non alimentés directement par le réseau» tous les circuits qui ne sont pas directement reliés au réseau d'alimentation.

- A l'intérieur du circuit, suivant les indications du Tableau 5 (voir 5.2.16.3).

5.2.15.2 Pollution degree

The effect of pollution on clearances and creepage distances which occur during the service life of EE shall be considered in determining the pollution degree (2.5.1 of IEC 60664-1). Therefore, the micro-environmental conditions at the respective clearance or creepage distance shall be applied according to Table 2. Other pollution degrees may be applicable to the place where the EE is to be installed.

EE shall normally be designed according to pollution degree 2. If an alternative design value is used, the alternative pollution degree value shall be stated in the documentation.

NOTE In unfavourable conditions of application, compliance with the required micro-environmental conditions of clearances and creepage distances can be ensured by means of the following measures:

- protection against water penetrating from outside and conductive pollution by using enclosures (see 6.1.3);
- protection against condensation, for example, by heating;
- cleaning of clearances and creepage distances such that additional pollution is removed. This necessity shall be stated in the documentation.

This cleaning should not be considered for the design of clearances and creepage distances ensuring protective separation and/or total insulation (protective class II equipment).

Table 2 – Definitions of pollution degrees

Pollution degree	Micro-environment
1	No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.
2	Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation is to be expected, when the EE is out of operation.
3	Conductive pollution or dry non-conductive pollution which becomes conductive due to condensation which is to be expected occurs.
4	The pollution generates persistent conductivity caused for example by conductive dust or rain or snow.
NOTE The specification for pollution degree 2 deviates from that given in 2.5.1 of IEC 60664-1 regarding a short term condensation, when for example a printed circuit board is brought from a low temperature area (i.e. outside) into the operating area of the EE.	

5.2.16 Clearances

Clearances shall be designed:

- Between mains-circuits and their environment according to Table 3;
Mains-circuits are circuits of an EE which are energized directly from the supply mains. Circuits which are linked to the supply mains only via protective impedances according to 5.2.8.3 or via means of voltage limitation according to 5.2.8.4 are not regarded as mains-circuits.
- Between non-mains-circuits and their environment according to Table 4 (see 5.2.16.2).
Non-mains-circuits are all circuits which are not directly energized from the supply mains.
- Within a circuit according to Table 5 (see 5.2.16.3).

L'indication d'une catégorie de tenue au choc spécifique (catégorie de surtension) doit être fondée sur l'explication générale suivante (CEI 60664-1):

- Un équipement de catégorie I de tenue au choc est un équipement destiné à être branché aux installations électriques fixes des bâtiments. Les moyens de protection sont pris à l'extérieur de l'équipement – soit dans l'installation fixe soit entre l'installation fixe et l'équipement – afin de limiter les surtensions transitoires au niveau spécifique.
- Un équipement de catégorie de surtension II est un équipement consommateur d'énergie destiné à être alimenté par une installation fixe.

NOTE Les outils portatifs et les autres équipements domestiques et analogues sont des exemples de tels équipements.

- Un équipement de catégorie de surtension III est destiné à des installations fixes dans les cas où il est soumis à des exigences particulières en ce qui concerne sa fiabilité et sa disponibilité.

NOTE Les panneaux de distribution, les disjoncteurs, les systèmes de câblage (VEI 826-06-01), y compris les câbles, les barres omnibus, les boîtes de jonction, les commutateurs, les prises électriques dans les installateurs fixes, ainsi que les équipements à usage industriel et certains autres équipements tels que les moteurs fixes connectés en permanence à l'installation fixe sont des exemples de ces sortes d'équipement.

- Un équipement de catégorie IV de tenue au choc est destiné à être utilisé dans ou à proximité de l'origine des installations électriques des bâtiments en amont du panneau de distribution principal.

NOTE Les compteurs d'énergie, les appareillages de protection contre les surintensités primaires, les contrôleurs d'ondulation sont des exemples de ces types d'équipement.

La Figure A.6 donne des exemples d'étude de distances d'isolement (voir A.5.2.16).

La distance d'isolement entre deux circuits doit être la plus grande des deux distances d'isolement de chaque circuit.

Pour des altitudes supérieures à 2 000 m, le calcul des distances d'isolement doit être affecté d'un facteur de correction conformément au Tableau A.2 de la CEI 60664-1.

Voir en 9.4.4.1 le mode de vérification des distances d'isolement.

5.2.16.1 Distances d'isolement entre circuits alimentés directement par le réseau et leur environnement

La tension d'isolement assignée de la colonne 1 du Tableau 3 est:

- pour un système avec neutre à la terre, la valeur crête de la tension assignée (simple) entre phase et neutre mis à la terre;
- pour un système triphasé non relié à la terre, la valeur crête de la tension assignée (simple) entre phase et neutre artificiel;
- pour un système alternatif monophasé ou continu non relié à la terre, la valeur crête de la tension assignée entre phases.

Les valeurs de la colonne 1 s'appliquent aux systèmes alternatifs et continus avec les tolérances données en 6.3.2.1 et 6.3.3. L'interpolation entre les valeurs inférieures à 1 000 $\sqrt{2}$ V n'est pas permise. Cependant, elle est autorisée pour les valeurs supérieures.

On choisit normalement la catégorie III de surtension, suivant la CEI 60664-1, pour dimensionner la distance d'isolement de l'isolation principale (colonnes 2 à 5 du Tableau 3). Cela s'applique à tous les équipements reliés de façon permanente au réseau d'alimentation, et aux équipements connectables par une prise à un réseau industriel qui peut alimenter des charges importantes, soumises à des variations rapides, comprenant des composants capacitifs ou inductifs. On doit utiliser la catégorie IV de surtension pour des EE reliés directement à un réseau aérien.

Specification of a specific impulse withstand category (overvoltage category) shall be based on the following general explanation (IEC 60664-1):

- Equipment of impulse withstand category I is equipment which is intended to be connected to the fixed electrical installations of buildings. Protective means are taken outside of the equipment – either in the fixed installation or between the fixed installation and the equipment – to limit transient overvoltages to the specific level.
- Equipment of impulse withstand category II is equipment to be connected to the fixed electrical installations of buildings.

NOTE Examples of such equipment are appliances, portable tools and other household and similar loads.

- Equipment of impulse withstand category III is equipment which is part of the fixed electrical installations and other equipment where a higher degree of availability is expected.

NOTE Examples of such equipment are distribution boards, circuit breakers, wiring systems (IEV 826-06-01), including cables, bus-bars, junction boxes, switches, socket outlets in the fixed installation, and equipment for industrial use and some other equipment for example stationary motors with a permanent connection to the fixed installation.

- Equipment of impulse withstand category IV is for use at or in the proximity of the origin of the electrical installations of buildings upstream of the main distribution board.

NOTE Examples of such equipment are electricity meters, primary overcurrent protection devices and ripple control units.

Examples for the design of clearances are given in Figure A.6 (see A.5.2.16).

The design of a clearance between two circuits shall conform to that circuit which requires the longer clearance.

Clearances for use at altitudes higher than 2 000 m shall be calculated with a correction factor according to Table A.2 of IEC 60664-1.

For checking of the dimensions see 9.4.4.1.

5.2.16.1 Clearances between mains-circuits and their environment

The rated insulation voltage in column 1 of Table 3 is

- in case of earthed-neutral systems the peak value of the rated voltage between phase and earthed neutral point;
- in case of non-earthed three phase systems the peak value of the rated voltage between a phase and an artificial neutral point;
- in case of non-earthed single phase a.c.- or d.c.-systems the peak value of the rated voltage between the phases.

Column 1 applies to a.c.- and d.c.-systems with tolerances as given in 6.3.2.1 and 6.3.3. Interpolation up to $1\,000 \times \sqrt{2}$ V is not permitted. However, above $1\,000 \times \sqrt{2}$ V interpolation is permitted.

Overvoltage category III according to Table 1 of IEC 60664-1 is normally taken as a basis for the clearance of basic insulation (columns 2 to 5 of Table 3). This applies to all equipments permanently connected to the mains-circuit and plug-in equipments connected to an industrial network which may feed heavy, rapidly changing loads with inductive or capacitive components. Overvoltage category IV shall be used, when EE is connected directly to outdoor open lines.

Les équipements connectables par une prise, d'usage non industriel, sans exigences particulières quant à leur fiabilité ou à leur disponibilité peuvent être définis avec la catégorie de surtension II (2.2.2.1.1 de la CEI 60664-1).

Si des mesures compensatoires sont prises pour ramener les valeurs de surtension de la catégorie III à celles de la catégorie II, les distances d'isolement entre les circuits alimentés directement par le réseau et leur environnement peuvent être différentes de celles données dans les colonnes 2 à 5 du Tableau 3, et dimensionnées conformément à la catégorie de surtension II. On doit vérifier ces mesures compensatoires par un essai de tenue à la tension de choc conformément à 19.1 de la CEI 60060-1, avec un générateur d'essai de 2Ω d'impédance interne. Cependant, cette dérogation ne s'applique pas à l'isolation renforcée, (colonne 7). Voir la définition des essais en 9.4.5.1.

Tableau 3 – Distances d'isolement entre circuits alimentés directement par le réseau et leur environnement
(Tension de tenue aux chocs relative à la catégorie de surtension III)

1	2	3	4	5	6	7	8
Tension d'isolement assignée (voir définition à l'alinéa 1 de 5.2.16.1)	Isolation principale ou supplémentaire					Isolation renforcée	
	Degré de pollution				Tension de tenue aux chocs 1,2/50 μs kV		Tension de tenue aux chocs 1,2/50 μs kV
	1	2	3	4			
	mm	mm	mm	mm			
≤50 x √2 V = 71 V	0,1	0,2	0,8	1,6	0,8	0,5	1,5
100 x −√2 V = 141 V	0,5	0,5	0,8	1,6	1,5	1,5	2,5
150 x −√2 V = 212 V	1,5	1,5	1,5	1,6	2,5	3,0	4,0
300 x √2 V = 424 V	3,0				4,0	5,5	6,0
600 x √2 V = 849 V	5,5				6,0	8,0	8,0
1 x √2 kV = 1,41 k V	8,0				8,0	14,0	12,0
	Champ hétérogène		Champ homogène			Champ hétérogène	Champ homogène
1,5 x √2 kV = 2,12 kV	11,5		4,0		10,5	20	6,5
3 x √2 kV = 4,24 kV	21,0		6,5		17,0	36	11
6 x √2 kV = 8,49 kV	47,0		14,0		33,0	80	24
10 x √2 kV = 14,1 kV	78,0		23,0		52,0	135	36
> 10 x √2 kV	suivant la CEI 60071-1 et la CEI 60071-2						

Interpolation permise seulement au-dessus de $1\,000 \sqrt{2} \text{ V}$.

NOTE 1 Un champ homogène est un champ électrique dont le gradient de tension est pratiquement constant entre les électrodes (champ uniforme), par exemple comme celui qui existe entre deux sphères dont le rayon de chacune est supérieur à la distance qui les sépare.

NOTE 2 Un champ non homogène est un champ électrique dont le gradient de tension n'est pas constant entre les électrodes (champ non uniforme).

Plug-in equipment connected to a network for non-industrial purposes without special requirements with regard to reliability and availability may be designed using overvoltage category II (2.2.2.1.1 of IEC 60664-1).

As an alternative to the values of Table 3, columns 2 to 5, the clearances between mains-circuits of an EE and its environment may be designed in accordance with overvoltage category II, if facilities are provided which reduce overvoltages of category III to values of category II. This shall be verified by an impulse voltage test according to 19.1 of IEC 60060-1, with a 2 Ω internal impedance of the test-generator. However, the clearances for reinforced insulation according to column 7 shall not be reduced. For testing, see 9.4.5.1.

**Table 3 – Clearances between mains-circuits and their environment
(impulse withstand voltages according to overvoltage category III)**

1	2	3	4	5	6	7	8
Rated insulation voltage (Definition, see 5.2.16.1, paragraph 1)	Basic insulation, supplementary insulation					Reinforced insulation	
	Pollution degree				Impulse withstand voltage 1,2/50 μs	Impulse withstand voltage 1,2/50 μs	
	1	2	3	4			
	mm	mm	mm	mm	kV	mm	kV
$\leq 50 \times \sqrt{2} \text{ V} = 71 \text{ V}$	0,1	0,2	0,8	1,6	0,8	0,5	1,5
$100 \times \sqrt{2} \text{ V} = 141 \text{ V}$	0,5	0,5	0,8	1,6	1,5	1,5	2,5
$150 \times \sqrt{2} \text{ V} = 212 \text{ V}$	1,5	1,5	1,5	1,6	2,5	3,0	4,0
$300 \times \sqrt{2} \text{ V} = 424 \text{ V}$	3,0				4,0	5,5	6,0
$600 \times \sqrt{2} \text{ V} = 849 \text{ V}$	5,5				6,0	8,0	8,0
$1 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 1,41 \text{ kV}$	8,0				8,0	14,0	12,0
	Inhomogeneous field		Homogeneous field			Inhomogeneous field	Homogeneous field
$1,5 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 2,12 \text{ kV}$	11,5		4,0		10,5	20	6,5
$3 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 4,24 \text{ kV}$	21,0		6,5		17,0	36	11
$6 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 8,49 \text{ kV}$	47,0		14,0		33,0	80	24
$10 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 14,1 \text{ kV}$	78,0		23,0		52,0	135	36
above $10 \times \sqrt{2} \text{ kV}$	according to IEC 60071-1 and IEC 60071-2						
Interpolation up to $1\,000 \times \sqrt{2} \text{ V}$ not permitted, but is permitted above $1\,000 \times \sqrt{2} \text{ V}$.							
NOTE 1 A homogeneous field is an electric field which has an essentially constant voltage gradient between electrodes (uniform field), such as that between two spheres where the radius of each sphere is greater than the distance between them.							
NOTE 2 A inhomogeneous field is an electric field which does not have an essentially constant voltage gradient between electrodes (non-uniform field).							

Pour des tensions d'isolement assignées inférieures à $1\,000 \times \sqrt{2}$ V, les distances d'isolement du Tableau 3 correspondent aux exigences de la répartition non homogène du champ électrique entre les pièces sous tension. Cela correspond aux conditions usuelles. Si la répartition du champ est homogène, et pour des tensions d'isolement assignées supérieures à $1\,000 \times \sqrt{2}$ V, on peut choisir les valeurs de distances d'isolement plus faibles données dans ce même Tableau. Dans ce cas un essai de tenue à la tension de choc, selon 19.1 de la CEI 60061-1 avec un générateur d'impédance interne de $2\ \Omega$, est alors requis. Pour les essais, voir 9.4.5.1.

Dans les circuits alimentés directement par le réseau, les distances d'isolement relatives à l'isolement renforcé doivent correspondre à la catégorie de surtension immédiatement supérieure.

Les distances d'isolement relatives à l'isolement renforcé suivant la colonne 7 du Tableau 3 ne doivent pas être soumises à des conditions de pollution de degré 3 ou 4 (voir aussi l'alinéa 2 de 5.2.18.4).

5.2.16.2 Distances d'isolement entre les circuits non alimentés directement par le réseau et leur environnement

La tension d'isolement assignée de la colonne 1, dans le Tableau 4, est la valeur de crête (pic) répétitive de la plus haute tension apparaissant de façon permanente (aux conditions assignées), entre deux parties actives quelconques du circuit de l'EE, dans les conditions de fonctionnement spécifiées les plus défavorables. Si une mise à la terre permanente directe est réalisée à l'aide d'un conducteur de section suffisante, la tension d'isolement assignée de la colonne 1 doit être déterminée par la valeur de crête (pic) de la plus haute tension apparaissant entre une partie active quelconque et la terre. L'interpolation entre les valeurs est permise.

In case of rated insulation voltages up to $1\,000 \times \sqrt{2}$ V, the clearances of Table 3 correspond to the requirements of inhomogeneous distribution of the electric field across the electrodes of the clearance. This corresponds to the conditions in practice. In case of homogeneous field distribution and rated insulation voltages above $1\,000 \times \sqrt{2}$ V, the clearances may be selected corresponding to the given lower values. In this case, however, an impulse voltage test is required according to 19.1 of IEC 60061-1 with a $2\ \Omega$ internal impedance of the test generator. For testing see 9.4.5.1.

For clearances in mains-circuits corresponding to reinforced insulation, the values of the next higher overvoltage category apply.

Clearances corresponding to reinforced insulation according to column 7 of Table 3 shall not be exposed to environmental conditions of pollution degrees 3 and 4 (see also paragraph 2 of 5.2.18.4).

5.2.16.2 Clearances between non-mains-circuits and their environment

The rated insulation voltage in column 1 of Table 4 is the recurring peak value of the highest voltage appearing continuously (at rated operation) across any two live parts of the circuit of the EE during the most unfavourable operational condition and when the EE is used as intended. If continuous direct earthing of the circuit through conductors of sufficient current carrying capacity is employed, the peak value of the highest voltage occurring between any live part and earth shall be taken as the rated insulation voltage in column 1. Interpolation between the values is permitted.

Tableau 4 – Distances d'isolement entre circuits non alimentés directement par le réseau et leur environnement ²⁾

(Tension de tenue aux chocs relative à la catégorie de surtension II)

1	2	3	4	5	6	7	8
Tension d'isolement assignée (voir définition à l'alinéa 1 de 5.2.16.2)	Isolation principale ou supplémentaire					Isolation renforcée	
	Degré de pollution				Tension de tenue aux chocs 1,2/50 µs		Tension de tenue aux chocs 1,2/50 µs
	1	2	3	4			
	mm	mm	mm	mm	kV	mm	kV
≤50 x √2 V = 71 V	0,04	0,2 ¹⁾	0,8	1,6	0,5	0,2	0,8
100 x √2 V = 141 V	0,1	0,2	0,8	1,6	0,8	0,3	1,3
150 x √2 V = 212 V	0,5	0,5	0,8	1,6	1,5	1,3	2,4
300 x √2 V = 424 V	1,5	1,5	1,5	1,6	2,5	3,0	4,0
600 x √2 V = 849 V	3,0				4,0	6,0	6,4
1 x √2 kV = 1,41 kV	5,5				6,0	10,4	9,6
	Champ hétérogène		Champ homogène			Champ hétérogène	Champ homogène
1,5 x √2 kV = 2,12 kV	8,0		3,0		8,0	15	4,8
3 x √2 kV = 4,24 kV	17,0		5,2		14,0	29	9
6 x √2 kV = 8,49 kV	33,0		10,0		25,0	60	17
10 x √2 kV = 14,1 kV	55,0		16,0		38,0	92	27
>10 x √2 kV	suivant la CEI 60071-1 et la CEI 60071-2						
Interpolation permise.							
1) Pour circuit imprimé 0,1 mm.							
2) Ce Tableau s'applique aussi au dimensionnement des distances d'isolement entre parties actives de l'EE lorsqu'elles sont reliées au réseau d'alimentation suivant la dernière phrase de l'alinéa 2 de 5.2.16.3.							

Les distances d'isolement données dans les colonnes 2 à 5 du Tableau 4 peuvent supporter au minimum les tensions de choc de la colonne 6. Si on prévoit des surtensions transitoires plus élevées que les tensions de choc de la colonne 6, les distances d'isolement des colonnes 2 à 5 doivent être corrigées proportionnellement, en fonction de ces valeurs plus élevées. Les distances d'isolement relatives à l'isolement renforcé (colonne 7) doivent elles aussi, dans des circonstances analogues, être corrigées suivant ces mêmes critères. L'interpolation est autorisée.

Les distances d'isolement du Tableau 4, pour les tensions d'isolement assignées inférieures ou égales à $1\,000 \times \sqrt{2} \text{ V}$, font référence à une répartition non homogène du champ électrique. Cela correspond aux conditions usuelles. Si la répartition du champ est homogène, et pour des tensions d'isolement assignées supérieures à $1\,000 \times \sqrt{2} \text{ V}$, on peut choisir les valeurs de distances d'isolement plus faibles données dans ce même Tableau. Dans ce cas, un essai de tenue à la tension de choc, selon 19.1 de la CEI 60061-1 avec un générateur d'impédance interne de $2 \, \Omega$, est alors requis. Pour les essais, voir 9.4.5.1.

Table 4 – Clearances between non-mains-circuits and their environment²⁾
(Impulse withstand voltages according to overvoltage category II)

1	2	3	4	5	6	7	8
Rated insulation voltage (Definition, see 5.2.16.2, paragraph 1)	Basic insulation, supplementary insulation					Reinforced insulation	
	Pollution degree				Impulse withstand voltage 1,2/50 μs		Impulse withstand voltage 1,2/50 μs
	1	2	3	4			
	mm	mm	mm	mm	kV	mm	kV
≤50 x √2 V = 71 V	0,04	0,2 ¹⁾	0,8	1,6	0,5	0,2	0,8
100 x √2 V = 141 V	0,1	0,2	0,8	1,6	0,8	0,3	1,3
150 x √2 V = 212 V	0,5	0,5	0,8	1,6	1,5	1,3	2,4
300 x √2 V = 424 V	1,5	1,5	1,5	1,6	2,5	3,0	4,0
							
600 x √2 V = 849 V	3,0				4,0	6,0	6,4
1 x √2 kV = 1,41 kV	5,5				6,0	10,4	9,6
	Inhomogeneous field		Homogeneous field			Inhomo- geneous field	Homo- geneou s field
1,5 x √2 kV = 2,12 kV	8,0		3,0		8,0	15	4,8
3 x √2 kV = 4,24 kV	17,0		5,2		14,0	29	9
6 x √2 kV = 8,49 kV	33,0		10,0		25,0	60	17
10 x √2 kV = 14,1 kV	55,0		16,0		38,0	92	27
above 10 x √2 kV	according to IEC 60071-1 and IEC 60071-2						
Interpolation permitted.							
1) On PWBs 0,1 mm.							
2) This Table also applies to clearances between live parts at the connections of the EE to the supply mains according to the last sentence in paragraph 2 of 5.2.16.3.							

The clearances given in the columns 2 to 5 of Table 4 sustain at least the impulse withstand voltages given in column 6. Where transient surge voltages are expected to be higher than those given in column 6, then the clearances in columns 2 to 5 shall be determined based on this (higher) value in column 6. The clearances in column 7 for reinforced insulation shall also be chosen according to this line of Table 4 if required. Interpolation is permitted.

In case of rated insulation voltages up to $1\,000 \times \sqrt{2} \text{ V}$, the clearances of Table 4 correspond to the requirements of inhomogeneous distribution of the electric field across the electrodes of the clearance. This corresponds to the conditions of practice. In case of homogeneous field distribution and rated insulation voltages above $1\,000 \times \sqrt{2} \text{ V}$, the clearances may be selected corresponding to the lower values. In this case, however, an impulse voltage test is required according to 19.1 of IEC 60061-1 with a 2Ω internal impedance of the test generator. For testing see 9.4.5.1.

Les distances d'isolement relatives à l'isolement renforcé suivant la colonne 7 du Tableau 4 ne doivent pas être soumises à des conditions de pollution de degré 3 ou 4 (voir aussi l'alinéa 2 de 5.2.18.4).

5.2.16.3 Distances d'isolement à l'intérieur d'un circuit

La tension d'isolement assignée de la colonne 1 du Tableau 5 est la valeur de crête répétitive de la tension apparaissant de façon permanente, en fonctionnement normal, entre les conducteurs accessibles pour la distance d'isolement considérée, et dans les conditions spécifiées d'utilisation les plus défavorables. L'interpolation entre les valeurs du Tableau 5 est autorisée (2.2.2.3.2 de la CEI 60664-1).

Lorsqu'une tension de crête transitoire plus élevée que celle inscrite dans la colonne 6 du Tableau est prévue, la valeur de la distance d'isolement prise dans les colonnes 2 à 5 doit être calculée sur la base de cette valeur plus élevée de la tension donnée dans la colonne 6. L'interpolation entre les valeurs est autorisée. Aux points de liaison de l'EE avec le réseau d'alimentation, là où des tensions de chocs transitoires peuvent affecter le circuit, les distances d'isolement entre les parties actives doivent être dimensionnées suivant les colonnes 2 à 5 du Tableau 4.

Appliquer les prescriptions de l'alinéa 3 de 5.2.16.2 aux distances d'isolement selon les valeurs du Tableau 5 correspondant à un champ électrique homogène.

Clearances corresponding to reinforced insulation according to column 7 of Table 4 shall not be exposed to environmental conditions of pollution degree 3 and 4 (see also paragraph 2 of 5.2.18.4).

5.2.16.3 Clearances within a circuit

The rated insulation voltage in column 1 of Table 5 is the recurring peak value of the voltage which appears continuously (at rated operation) between the exposed conductors with the designed clearance during the most unfavourable operational condition and when the EE is used as intended. Interpolation between the values in Table 5 is permitted (2.2.2.3.2 of IEC 60664-1).

When at a clearance according to columns 2 to 5 of Table 5, a transient peak voltage higher than that given in column 6 is expected, then the clearances in columns 2 to 5 shall be determined based on this (higher) value in column 6. Interpolation is permitted. At the connections of the EE to the supply mains, where transient surge voltages can act upon the circuit, the clearances between live parts of the circuit shall be selected according to columns 2 to 5 in Table 4.

For the rating of clearances according to the values of Table 5 for a homogeneous electric field, the content of paragraph 3 in 5.2.16.2 applies correspondingly.

Tableau 5 – Distances d'isolement internes à un circuit
(Tension de tenue aux chocs relative à la catégorie de surtension I)

1	2	3	4	5	6
Tension d'isolement assignée (voir la définition à l'alinéa 1 de 5.2.16.3)	Isolation fonctionnelle				Tension de tenue aux chocs 1,2/50 µs
	Degré de pollution				
	1	2	3	4	
	mm	mm	mm	mm	kV
≤ 50 x √2 V = 71 V	0,01	0,2 1)	0,8	1,6	0,33
100 x √2 V = 141 V	0,04	0,2 1)	0,8	1,6	0,5
150 x √2 V = 212 V	0,1	0,2	0,8	1,6	0,8
300 x √2 V = 424 V	0,5	0,5	0,8	1,6	1,5
600 x √2 V = 849 V	1,5	1,5	1,5	1,6	2,5
1 x √2 V = 1,41 kV	3				4
	Champ hétérogène		Champ homogène		
1,5 x √2 kV = 2,12 kV	5,5		2		6
3 x √2 kV = 4,24 kV	8		3		8
6 x √2 kV = 8,49 kV	17		5,2		14
10 x √2 kV = 14,1 kV	33		10		25
> 10 x √2 kV	suivant la CEI 60071-1 et la CEI 60071-2				
Interpolation permise.					
1) Pour circuit imprimé 0,1 mm.					

5.2.17 Lignes de fuite

Le dimensionnement des lignes de fuite est extrait du Tableau 6 (Tableau 4 de la CEI 60664-1):

- le Tableau 6 donne directement les longueurs des lignes de fuite correspondant aux isolations principales et fonctionnelles (voir Figures 11 et 12).

NOTE Les circuits électroniques véhiculant de très faibles courants peuvent, pour des raisons fonctionnelles, nécessiter des lignes de fuite plus importantes que celles requises normalement.

- les valeurs du Tableau 6 doivent être doublées pour correspondre à l'isolation renforcée (Figure 13 de cette norme et 3.2.3 de la CEI 60664-1).

La tension d'isolement assignée en colonne 1 du Tableau 6 est la valeur efficace de la plus haute tension apparaissant de façon permanente, aux conditions assignées, entre deux parties actives quelconques du circuit de l'EE, dans les conditions d'utilisation les plus défavorables, et lorsque celui-ci est utilisé suivant ses spécifications. Mais si le circuit est mis directement à la terre de façon permanente, au moyen de conducteurs de section suffisante, la tension assignée d'isolement de la colonne 6 devient la valeur efficace de la tension la plus élevée, apparaissant entre une partie active quelconque et la terre. L'interpolation est permise (voir 3.2.1.1 de la CEI 60664-1).

Table 5 – Clearances within a circuit
(impulse withstand voltage according to overvoltage category I)

1	2	3	4	5	6	
Rated insulation voltage (Definition see 5.2.16.3, paragraph 1)	Functional insulation					
	Pollution degree				Impulse withstand voltage	
	1	2	3	4	1,2/50 μs	
	mm	mm	mm	mm	kV	
	≤ 50 × √2 V = 71 V	0,01	0,2 ¹⁾	0,8	1,6	0,33
	100 × √2 V = 141 V	0,04	0,2 ¹⁾	0,8	1,6	0,5
	150 × √2 V = 212 V	0,1	0,2	0,8	1,6	0,8
	300 × √2 V = 424 V	0,5	0,5	0,8	1,6	1,5
	600 × √2 V = 849 V	1,5	1,5	1,5	1,6	2,5
	1 × √2 V = 1,41 kV	3				4
1,5 × √2 kV = 2,12 kV 3 × √2 kV = 4,24 kV 6 × √2 kV = 8,49 kV 10 × √2 kV = 14,1 kV > 10 × √2 2 kV	Inhomogeneous field		Homogeneous field			
	5,5		2		6	
	8		3		8	
	17		5,2		14	
	33		10		25	
according to IEC 60071-1 and IEC 60071-2						
Interpolation permitted.						
¹⁾ On PWBs 0,1 mm.						

5.2.17 Creepage distances

The rating of all creepage distances results from Table 6 (Table 4 of IEC 60664-1):

- Table 6 applies directly to creepage distances corresponding to basic and functional insulation (see Figures 11 and 12).

NOTE For electronic circuits operating with very low currents, higher creepage distances may be necessary for functional reasons.

- For creepage distances corresponding to reinforced insulation, the values of Table 6 shall be doubled (Figure 13 of the present standard and 3.2.3 of IEC 60664-1).

The rated insulation voltage in column 1 of Table 6 is the r.m.s. value of the highest voltage appearing continuously at rated operation between any two live parts of the circuit of the EE during the most unfavourable operational condition and when the EE is used as intended. If continuous direct earthing of the circuit through sufficiently high cross section conductors is employed, the r.m.s. value of the highest voltage occurring between any live part and earth shall be taken as the rated insulation voltage. Interpolation is permitted (see 3.2.1.1 of IEC 60664-1).

La tension d'isolement assignée du Tableau 6, qui doit être prise en compte pour les lignes de fuite internes à un circuit, est la valeur efficace de la tension la plus élevée apparaissant de façon permanente (aux conditions assignées) aux extrémités de la ligne de fuite considérée, dans les conditions d'utilisation les plus défavorables, et lorsque l'EE est utilisé suivant ses spécifications. L'interpolation est autorisée (voir 3.2.2 de la CEI 60664-1).

Les matériaux isolants sont classés en quatre groupes suivant leur indice de résistance au cheminement (IRC) (voir 2.7.1 de la CEI 60664-1):

Groupe de matériau I	$600 \leq \text{IRC};$
Groupe de matériau II	$400 \leq \text{IRC} < 600;$
Groupe de matériau III a	$175 \leq \text{IRC} < 400;$
Groupe de matériau III b	$100 \leq \text{IRC} < 175.$

Les IRC doivent être déterminés conformément à la CEI 60112.

NOTE Le verre époxy des circuits imprimés est un matériau du groupe III a.

Les lignes de fuite sur les circuits imprimés et celles correspondant à l'isolation renforcée ne doivent pas être soumises directement aux contraintes des conditions de pollution de degré 3 ou 4.

Si la ligne de fuite d'un matériau du groupe II est striée, on peut la dimensionner conformément aux longueurs du groupe I; si la ligne de fuite d'un matériau du groupe III est striée, on peut la dimensionner conformément aux longueurs du groupe II. Les stries doivent avoir au moins 2 mm de profondeur sauf pour le cas de pollution de degré 1.

Pour les matériaux isolants inorganiques comme le verre et la céramique qui ne cheminent pas, les lignes de fuite peuvent être égales aux distances d'isolement du cas correspondant (voir 2.7.1.5 de la CEI 60664-1).

Lorsque la ligne de fuite déterminée suivant le Tableau 6 est plus faible que la distance d'isolement du cas correspondant, elle doit être augmentée pour atteindre la valeur de la distance d'isolement (voir 3.2.1.5 de la CEI 60664-1).

Voir 9.4.4.1 pour la vérification de ces dimensions.

For creepage distances within a circuit, the rated insulation voltage of the creepage distance according to Table 6 is the r.m.s. value of the highest voltage which appears continuously (at rated operation) at the designed creepage distance during the most unfavourable operational condition and EE used as intended. Interpolation is permitted (see 3.2.2 of IEC 60664-1).

Insulating materials are classified in four groups corresponding to their comparative tracking index (CTI) (see 2.7.1 of IEC 60664-1):

Insulating material group I	$600 \leq \text{CTI}$;
Insulating material group II	$400 \leq \text{CTI} < 600$;
Insulating material group III a	$175 \leq \text{CTI} < 400$;
Insulating material group III b	$100 \leq \text{CTI} < 175$.

The CTI value shall have been determined according to IEC 60112.

NOTE Epoxy glass-fibre laminate for PWBs is an insulating material of group III a.

Creepage distances on PWBs and creepage distances for reinforced insulation shall not be directly exposed to environmental conditions of pollution degree 3 or 4.

If the creepage distance is ribbed, then the creepage distance of insulating material of group I may be applied using insulating material of group II and the creepage distance of insulating material of group II may be applied using insulating material of group III. The ribs shall be at least 2 mm high, except at pollution degree 1.

For inorganic insulating materials, for example glass or ceramic which do not track, the creepage distance may equal the associated clearance (see 2.7.1.5 of IEC 60664-1).

When the creepage distance determined in Table 6 is less than the associated clearance, then it shall be increased to the clearance (see 3.2.1.5 of IEC 60664-1).

For checking the dimensions, see 9.4.4.1.

Tableau 6 – Lignes de fuite minimales

Dimensions en millimètres

Colonne 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tension assignée d'isolement $V_{eff.}$	Circuit imprimé ⁷⁾		Autre partie								
	Degré de pollution		Degré de pollution								
			1	2				3			
	1	2		Groupe de matériau isolant				Groupe de matériau isolant			
	2) 5)	3)	2)	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
10,0 12,5 16,0	0,025 0,025 0,025	0,04 0,04 0,04	0,08 0,09 0,10	0,40 0,42 0,45	0,40 0,42 0,45	0,40 0,42 0,45		1,00 1,05 1,10	1,00 1,05 1,10	1,00 1,05 1,10	
20,0 25,0 32,0	0,025 0,025 0,025	0,04 0,04 0,04	0,110 0,125 0,140	0,48 0,50 0,53	0,48 0,50 0,53	0,48 0,50 0,53		1,20 1,25 1,30	1,20 1,25 1,30	1,20 1,25 1,30	
40 50 63	0,025 0,025 0,040	0,040 0,040 0,063	0,16 0,18 0,20	0,56 0,60 0,63	0,80 0,85 0,90	1,10 1,20 1,25		1,4 1,5 1,6	1,6 1,7 1,8	1,8 1,9 2,0	
80 100 125	0,063 0,10 0,160	0,10 0,16 0,25	0,22 0,25 0,28	0,67 0,71 0,75	0,95 1,00 1,05	1,3 1,4 1,5		1,7 1,8 1,9	1,9 2,0 2,1	2,1 2,2 2,4	
160 200 250	0,25 0,40 0,56	0,40 0,63 1,00	0,32 0,42 0,56	0,80 1,00 1,25	1,1 1,4 1,8	1,6 2,0 2,5		2,0 2,5 3,2	2,2 2,8 3,6	2,5 3,2 4,0	
320 400 500	0,75 1,00 1,30	1,6 2,0 2,5	0,75 1,00 1,30	1,6 2,0 2,5	2,2 2,8 3,6	3,2 4,0 5,0		4,0 5,0 6,3	4,5 5,6 7,1	5,0 6,3 8,0	
630 800 1 000	1,8 2,4 3,2	3,2 4,0 5,0	1,8 2,4 3,2	3,2 4,0 5,0	4,5 5,6 7,1	6,3 8,0 10,0		8,0 10,0 12,5	9 11 14	10,0 12,5 16,0	10,0 4)
1 250 ⁶⁾ 1 600 2 000		6,3 8,0 10	4,2 5,6 7,5	6,3 8,0 10	9 11 14	12,5 16,0 20		16 20 25	18 22 28	20 25 32	
2 500 3 200 4 000		12,5 16 20	10 12,5 16	12,5 16 20	18 22 28	25 32 40		32 40 50	36 45 56	40 50 63	
5 000 6 300 8 000		25 32 40	20 25 32	25 32 40	36 45 56	50 63 80		63 80 100	71 90 110	80 100 125	
10 000 ¹⁾		50	40	50	71	100		125	140	160	
1) Pour les tensions supérieures à 10 kV les valeurs doivent être déterminées selon la CEI 60071-1 et la CEI 60071-2. 2) Pour les groupes de matériaux isolants I, II, IIIa, IIIb. 3) Pour les groupes de matériaux isolants I, II, IIIa. 4) Les valeurs pour les lignes de fuite ne sont pas déterminées pour cette gamme, les matériaux isolants du groupe IIIb ne sont pas recommandés pour le degré de pollution 3 au-dessus de 630 V.						5) Uniquement pour les revêtements inférieurs au type A (4.3.1 de la CEI 60664-3). 6) Au-dessus de 1 000 V, suivre Amendement 1: 2000 à la CEI 60664-1. 7) Ces colonnes s'appliquent également aux composants et parties de circuit imprimé et aux autres types de montages isolants garantissant des tolérances comparables.					

Table 6 – Minimum creepage distances

Dimensions in millimetres

Column 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rated Insulation Voltage V_{rms}	PWBs ⁷⁾		Other insulators								
	Pollution degree		Pollution degree								
			1	2				3			
	1	2		Insulating material group				Insulating material group			
	2) 5)	3)	2)	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
10,0 12,5 16,0	0,025 0,025 0,025	0,04 0,04 0,04	0,08 0,09 0,10	0,40 0,42 0,45	0,40 0,42 0,45	0,40 0,42 0,45	1,00 1,05 1,10	1,00 1,05 1,10	1,00 1,05 1,10		
20,0 25,0 32,0	0,025 0,025 0,025	0,04 0,04 0,04	0,110 0,125 0,140	0,48 0,50 0,53	0,48 0,50 0,53	0,48 0,50 0,53	1,20 1,25 1,30	1,20 1,25 1,30	1,20 1,25 1,30		
40 50 63	0,025 0,025 0,040	0,040 0,040 0,063	0,16 0,18 0,20	0,56 0,60 0,63	0,80 0,85 0,90	1,10 1,20 1,25	1,4 1,5 1,6	1,6 1,7 1,8	1,8 1,9 2,0		
80 100 125	0,063 0,10 0,160	0,10 0,16 0,25	0,22 0,25 0,28	0,67 0,71 0,75	0,95 1,00 1,05	1,3 1,4 1,5	1,7 1,8 1,9	1,9 2,0 2,1	2,1 2,2 2,4		
160 200 250	0,25 0,40 0,56	0,40 0,63 1,00	0,32 0,42 0,56	0,80 1,00 1,25	1,1 1,4 1,8	1,6 2,0 2,5	2,0 2,5 3,2	2,2 2,8 3,6	2,5 3,2 4,0		
320 400 500	0,75 1,00 1,30	1,6 2,0 2,5	0,75 1,00 1,30	1,6 2,0 2,5	2,2 2,8 3,6	3,2 4,0 5,0	4,0 5,0 6,3	4,5 5,6 7,1	5,0 6,3 8,0		
630 800 1 000	1,8 2,4 3,2	3,2 4,0 5,0	1,8 2,4 3,2	3,2 4,0 5,0	4,5 5,6 7,1	6,3 8,0 10,0	8,0 10,0 12,5	9 11 14	10,0 12,5 16,0	10,0 12,5 16,0	10,0 4)
1 250 ⁶⁾ 1 600 2 000		6,3 8,0 10	4,2 5,6 7,5	6,3 8,0 10	9 11 14	12,5 16,0 20	16 20 25	18 22 28	20 25 32		
2 500 3 200 4 000		12,5 16 20	10 12,5 16	12,5 16 20	18 22 28	25 32 40	32 40 50	36 45 56	40 50 63		
5 000 6 300 8 000		25 32 40	20 25 32	25 32 40	36 45 56	50 63 80	63 80 100	71 90 110	80 100 125		
10 000 ¹⁾		50	40	50	71	100	125	140	160		
1) Values for voltages above 10 kV shall be determined according to IEC 60071-1 and IEC 60071-2. 2) Insulating material group I, II, IIIa, IIIb. 3) Insulating material group I, II, IIIa. 4) Values for creepage distances are not determined for this range. Insulating materials of group IIIb normally are not recommended for pollution degree 3 above 630 V.						5) Below type A coating only (4.3.1 of IEC 60664-3). 6) For > 1 000 V as in Amendment 1:2000 to IEC 60664-1. 7) These columns apply also to components and parts on PWBs and to other insulation arrangements with a comparable control of tolerances.					

5.2.18 Séparation de protection

La Figure 14 ci-dessous donne un guide général relatif à l'application de la séparation de protection.

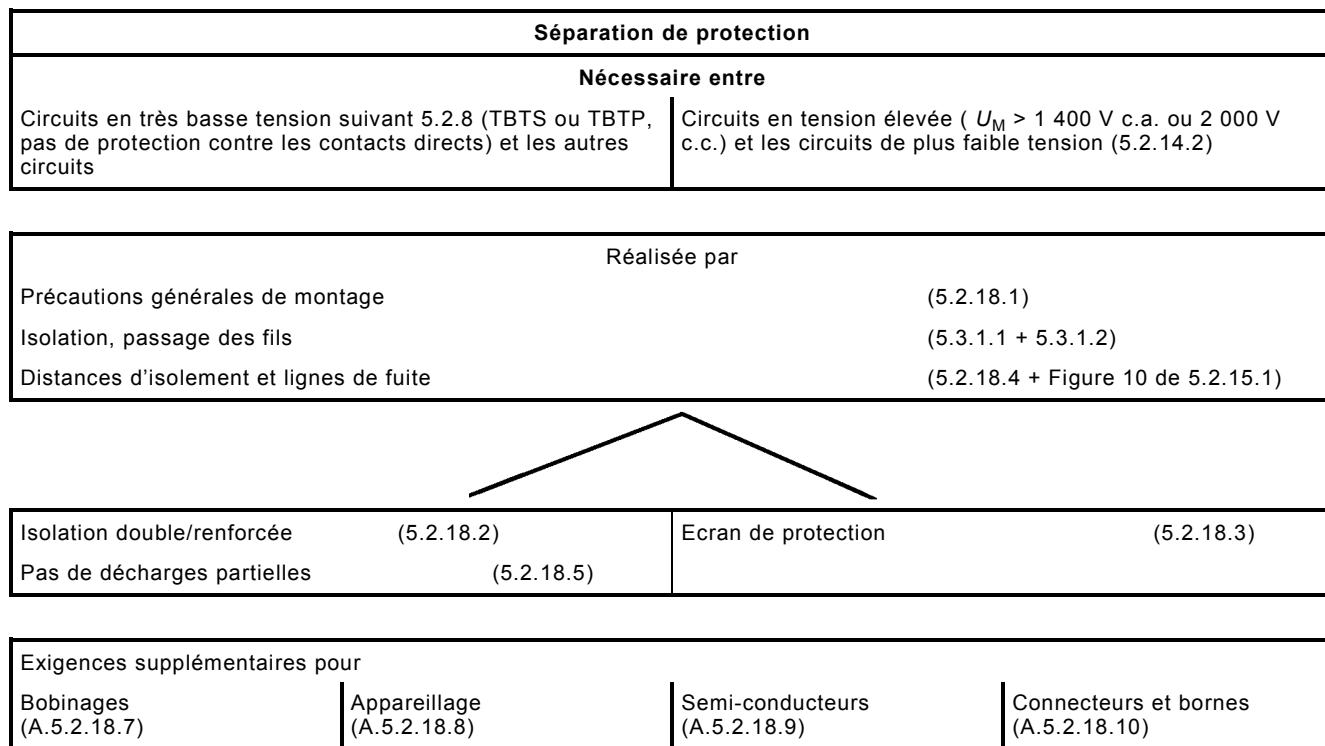


Figure 14 – Séparation de protection
(les références aux paragraphes correspondants sont entre parenthèses)

IEC 1773/03

Une séparation de protection est exigée à toutes les interfaces suivantes:

- entre les circuits en très basse tension selon 5.2.8 (TBTS ou TBTP) et les autres circuits;
- entre les circuits en haute tension dont la tension déterminante selon 5.2.13 est supérieure à $1\,400\text{ V c.a.}$ ou $2\,000\text{ V c.c.}$, et les circuits de tension déterminante plus faible.

La séparation de protection doit être réalisée de la façon suivante:

- soit par une isolation double ou renforcée;
- soit au moyen d'écran de protection, c'est-à-dire en mettant en place un écran conducteur relié au conducteur équipotentiel de protection de l'EE, ou au conducteur de terre lui-même. L'écran est alors isolé des parties actives par au moins l'isolation principale;
- soit au moyen d'une impédance de protection conforme à 5.2.8.3 (voir la Figure A.1 en A.5.2.8), qui limite l'énergie de décharge et le courant conformément à 5.2.8.2 (voir les Figures A.1 b) et c), ou qui limite la tension conformément à 5.2.8.4 (voir Figure A.1 d));

et dans tous les cas ci-dessus, par l'utilisation de matériau résistant au vieillissement.

Une séparation de protection doit être réalisée à toutes les interfaces des circuits ci-dessus, c'est-à-dire pour des composants servant à la transmission de l'information ou au transfert de l'énergie (relais, interrupteurs, pistes électriques adjacentes ou conducteurs adjacents de circuit imprimé, bornes et connecteurs).

5.2.18 Protective separation

Figure 14 below provides an overview for the applications of protective separation.

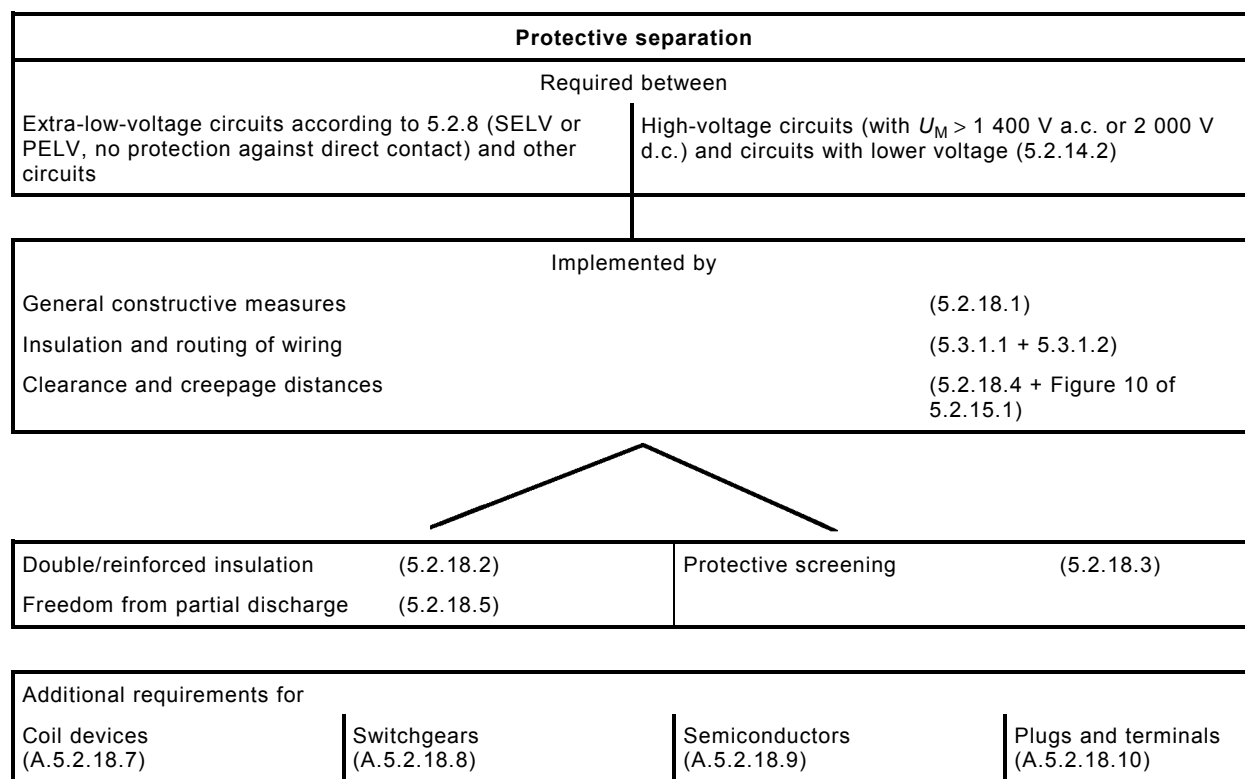


**Figure 14 – Protective separation
(with the respective subclauses in parentheses)**

IEC 1773/03

Protective separation is required at all the following interfaces:

- between extra-low-voltage circuits according to 5.2.8 (SELV or PELV) and circuits other than those according to 5.2.8;
- between high-voltage circuits with a decisive voltage according to 5.2.13 which is more than 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c., and circuits with a lower decisive voltage.

Protective separation of the circuits shall take place through one or more of the following:

- by double or reinforced insulation;
- by protective screening: i.e., by a conductive screen connected to the protective bonding of the EE, or connected to the protective earth conductor itself, whereby the screen is separated from live parts by at least basic insulation;
- by protective impedance according to 5.2.8.3 as shown in Figure A.1 (see A.5.2.8) comprising limitation of discharge energy and of current according to 5.2.8.2 (see Figure A.1 b) and c) or limitation of voltage according to 5.2.8.4 (see Figure A.1 d)).

Materials for protective separation shall be resistant to ageing.

Protective separation shall be implemented at all interfaces between the above-stated circuits: i.e. components for the transmission of energy or information, relays, switches, adjacent electrical lines or adjacent conductors on circuit boards, terminals and connectors.

La séparation de protection doit être complète et assurée dans toutes les conditions d'utilisation spécifiées en 6.1, 6.2 et 6.3; cela inclut les aspects suivants:

- température ambiante;
- humidité;
- pollution;
- contraintes climatiques particulières convenues avec l'utilisateur;
- contraintes mécaniques;
- chaleur, à l'exception des effets dus aux flammes ou à l'incandescence considérés comme des conditions anormales;
- fonctionnement électrique y compris les conditions particulières définies contractuellement.

Les spécifications des alinéas 1 et 2 de 5.2.14 doivent être appliquées pour la réalisation des séparations de protection.

La connexion de circuits par des moyens supplémentaires: impédance de protection (voir 5.2.8.3), limitation de l'énergie de décharge (voir 5.2.8.2) et limitation de tension (voir 5.2.8.4), est équivalente à une séparation de protection.

Les circuits munis d'une séparation de protection doivent être isolés au moyen d'une isolation principale vis-à-vis des masses et vis-à-vis des circuits pour lesquels une séparation de protection n'est pas requise.

Les dispositions suivantes s'appliquent aux surfaces accessibles de l'EE, conductrices ou non, qui ne sont pas reliées au conducteur de protection (à l'exception des parties définies au point c) de 5.2.9.2; voir également la Figure 9):

- $U_M \leq 25$ V c.a. ou 60 V c.c.: pas d'isolation exigée;
- 25 V c.a. ou 60 V c.c. $< U_M \leq 50$ V c.a. ou 120 V c.c.: isolation principale;
- $U_M > 50$ V c.a. ou 120 V c.c.: isolation double ou renforcée

où U_M est la tension déterminante selon 5.2.13.

Les manuels et les autres documents d'utilisation doivent décrire les dispositions relatives aux séparations de protection entre les circuits.

5.2.18.1 Dispositions constructives

Les matériaux utilisés pour la séparation de protection des circuits doivent avoir des propriétés physiques et chimiques telles que les caractéristiques de celle-ci soient pleinement et effectivement assurées et maintenues dans le temps.

La séparation de protection entre les circuits doit être réalisée de façon à interdire toute liaison électrique mutuelle, directe ou indirecte, que pourraient occasionner des parties métalliques étrangères à l'équipotentialité de protection (voir 5.2.9.2). Ces parties métalliques peuvent comprendre des noyaux de fer, des corps de relais, des vis, des écrous et d'autres matériels similaires. Si, en cas de défaillance de l'isolation, une liaison électrique entre des circuits isolés par une séparation de protection est possible par l'intermédiaire de ces parties métalliques, on doit appliquer l'une des dispositions suivantes:

- les parties actives du circuit ayant la tension déterminante la plus élevée (voir 5.2.13) et qui avoisinent ces parties métalliques doivent être pourvues d'une isolation double ou renforcée;

The protective separation shall be fully and effectively maintained under all the operating conditions stated in 6.1, 6.2 and 6.3; these include conditions from the following aspects:

- ambient temperature;
- humidity;
- pollution;
- special climatic stress as agreed with the user;
- mechanical stress;
- heat, but not under conditions of extraordinary effects such as flame or incandescence;
- electrical operating conditions, including special conditions as agreed with the user.

The content of paragraphs 1 and 2 of 5.2.14 shall apply for the insulation employed for protective separation.

The coupling of circuits by additional means (protective impedance, see 5.2.8.3, limitation of discharging energy, see 5.2.8.2, and voltage limitation, see 5.2.8.4) is considered equivalent to protective separation.

For circuits with protective separation, basic insulation shall be provided against exposed conductive parts and against electric circuits for which protective separation is not required.

The following shall apply to conductive or non-conductive accessible surfaces of EE which are not connected to the protective conductor (except those parts according to item c) of 5.2.9.2; see also Figure 9):

- | | |
|--|----------------------------------|
| – $U_M \leq 25$ V a.c. or 60 V d.c.: | No insulation required; |
| – 25 V a.c. or 60 V d.c. < $U_M \leq 50$ V a.c. or 120 V d.c.: | Basic insulation; |
| – $U_M > 50$ V a.c. or 120 V d.c.: | Double or reinforced insulation. |

where U_M = decisive voltage according to 5.2.13.

Operating documents and manuals shall describe the provision made for protective separation between circuits.

5.2.18.1 Constructive measures

Materials employed in conjunction with the protective separation of circuits shall feature chemical and physical properties such that the protective separation characteristics are fully and effectively maintained even considering effects of ageing.

Circuits which feature protective separation with respect to each other shall be configured in such a manner that mutual electrical connection cannot occur, neither directly nor indirectly by means of metal parts not incorporated into the protective bonding (see 5.2.9.2). Such metal parts can include iron cores, relay armatures, screws and bolts, and similar items. If, in the event of insulation failure, electrical connection could occur between protectively separated circuits via such metal parts, then the following shall be implemented:

- the live parts of that circuit with the greater decisive voltage (see 5.2.13) which are adjacent to the above-stated metal parts shall be insulated with double or reinforced insulation, or;

- ou bien, les parties actives adjacentes aux parties métalliques ci-dessus doivent être dans tous les cas isolées dans les deux circuits avec l'isolation principale définie par le circuit ayant la tension déterminante la plus élevée.

NOTE On entend par «défaillance de l'isolation» la défaillance d'un élément d'une isolation principale ou supplémentaire et non la perte totale d'une isolation double ou renforcée (voir Annexe A).

La conformité des dispositions constructives aux exigences relatives à la séparation de protection doit être contrôlée pendant un essai de type, par une inspection visuelle de l'EE et, si nécessaire, vérifiée avec les documents de fabrication. Pour les essais électriques, voir 9.4.5.

5.2.18.2 Séparation de protection par isolation double ou renforcée

L'isolation par des matériaux solides doit supporter les contraintes en tension suivantes (3.3.3.2.1 de la CEI 60664-1):

- a) pour l'isolation principale:
 - tension de choc suivant la colonne 6 des Tableaux 3 ou 4 (voir 5.2.16.1 ou 5.2.16.2), les essais sont pratiqués respectivement selon la colonne 4 ou 2 du Tableau 17;
 - tension d'essai conformément à la colonne 2 du Tableau 18;
- b) pour l'isolation supplémentaire:
 - les mêmes que pour l'isolation principale;
- c) pour l'isolation double et renforcée:
 - tension de choc suivant la colonne 8 des Tableaux 3 et 4 (voir 5.2.16.1 ou 5.2.16.2), les essais sont pratiqués respectivement selon la colonne 5 ou 3 du Tableau 17;
 - tension alternative ou continue selon la colonne 2 du Tableau 18;
 - et, si requis, subir l'essai de décharges partielles conformément à 9.4.5.3.

De plus, l'isolation double doit être conçue de manière à ce qu'une défaillance de l'isolation principale ou supplémentaire ne provoque pas une réduction du pouvoir isolant du reste de l'isolation.

NOTE Il faut que l'isolation double ou renforcée soit aussi essayée en tension avec les seules valeurs de la colonne 2 du Tableau 18. En effet des valeurs supérieures risquent de détériorer l'isolant. C'est la raison pour laquelle l'isolation double ou renforcée des composants ou des autres sous-ensembles est soumise à des essais de décharges partielles (voir 9.4.5.3).

5.2.18.3 Séparation de protection au moyen d'écran

Les écrans conducteurs peuvent être constitués soit par des feuilles, des bandes, ou des tôles métalliques, soit par du grillage, ou des rubans imprimés conducteurs. L'écran doit être conçu et réalisé de façon à éviter, en cas de défaillance de l'isolation, une liaison électrique directe avec les conducteurs actifs du circuit protégé. L'écran de protection doit s'étendre suffisamment entre les parties actives, de façon que l'isolation y corresponde à une isolation double ou renforcée.

L'écran de protection doit être relié au conducteur de protection de l'EE. L'écran et ses connexions au dispositif équipotentiel de protection doivent être conçus et réalisés conformément à 5.2.9.3, afin de se prémunir d'une défaillance de l'isolation qui provoquerait un contact entre une partie active et l'écran. Voir aussi A.5.2.9.3.

Si en cas de court-circuit avec l'écran, le courant de défaut résultant nécessite une coupure, le constructeur de l'EE doit indiquer dans sa documentation quel type de dispositif de protection par surintensité il faut utiliser, dans le cas où un tel dispositif n'est pas déjà inclus dans l'EE.

Dans le cas où l'EE est fourni pour être directement raccordable à une prise de courant (par exemple les appareils de faible puissance), et que la capacité de tenue au courant de défaut de son écran de protection n'est pas adaptée au courant assigné de la prise de courant, alors des dispositifs de protection contre les surintensités doivent être inclus dans l'EE ou doivent lui être raccordés de façon permanente.

- the live parts adjacent to the above-stated metal parts shall in all cases be insulated in both circuits with basic insulation which is designed in accordance with that circuit having the higher decisive voltage.

NOTE "Insulation failure" here means only the failure of one basic or of one supplementary insulation element, and not the total failure of a double or a reinforced insulation (see Annex A).

Compliance of the constructive measures with the requirements for protective separation shall be checked by type test by visual inspection of the EE and if necessary verified in the manufacturing documents. For electrical tests, see 9.4.5.

5.2.18.2 Protective separation by double or reinforced insulation

The solid insulation employed shall withstand the following voltage stress (3.3.3.2.1 of IEC 60664-1):

- a) basic insulation:
 - impulse withstand voltage, as results from column 6 of Table 3 or 4 respectively (see 5.2.16.1 or 5.2.16.2) and testing according to column 4 or column 2 respectively in Table 17;
 - test voltage according to column 2 in Table 18.
- b) supplementary insulation:
 - the same as basic insulation.
- c) double and reinforced insulation:
 - impulse withstand voltage, as results from column 8 of Table 3 or 4 respectively (see 5.2.16.1 or 5.2.16.2) and testing according to column 5 and column 3 respectively in Table 17;
 - test with a.c. or d.c. voltage according to column 2 in Table 18;
 - and partial discharge test if required according to 9.4.5.3.

The double insulation shall, furthermore, be designed in such a manner that failure of the basic insulation or of the supplementary insulation will not result in reduction of the insulation capability of the remaining part of the insulation.

NOTE The double or reinforced insulation shall also be tested only with the test voltage according to column 2 in Table 18, because higher test voltage can cause damage to the insulation. As a result, the double or reinforced insulation of the components or other electrical sub-assemblies is subjected to a partial discharge test (see 9.4.5.3).

5.2.18.3 Protective separation by protective screening

The conductive screening may consist, for example, of sheet metal, metal foil or sheeting, wire mesh, or printed conductors. The screen shall be configured and implemented in such a manner that – in the event of failure of insulation – it prevents direct electrical connection of the live parts of protectively separated circuits. The protective screen shall extend laterally between the live parts to such a degree that the insulation between the live parts corresponds to double or reinforced insulation.

The protective screen shall be connected to the protective bonding of the EE. The content of 5.2.9.3 shall apply for the design of the protective screen and its protective bonding conductor in the event that a live part comes into electrical contact with the protective screen as a result of insulation failure. See also A.5.2.9.3.

Where interruption of the fault current is required in the event of a short-circuit with the protective screen, then the manufacturer of the EE shall indicate in his instructions what overcurrent protective device is to be provided for this requirement, if such a device is not already contained in the EE.

In cases where EE is designed to be ready to plug in (i.e. items with low power rating) and the current carrying capacity of the protective screening or protective bonding does not correspond to the rated current of the supply socket outlet, then overcurrent protective devices shall be installed within the EE itself or permanently attached to the EE.

L'isolation principale du circuit associé doit être suffisamment dimensionnée pour assurer l'isolation entre les parties actives et l'écran (voir point a) de 5.2.18.2).

5.2.18.4 Distances d'isolement et lignes de fuite dans la séparation de protection

Le paragraphe 5.2.15.1 doit être appliqué au dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite.

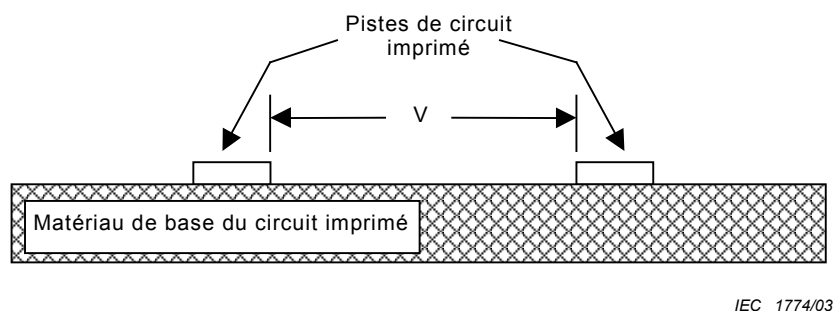
Un EE qui doit être utilisé dans des conditions de degré de pollution 3 ou 4 doit être conçu et réalisé de telle façon que le degré de pollution 2 ne soit pas dépassé au niveau des distances d'isolement et des lignes de fuite d'une séparation de protection, lorsqu'elle est réalisée au moyen d'une isolation double ou renforcée (conformément à 5.2.18.2). Voir 5.2.15.2. pour ce qui concerne les mesures adéquates à prendre.

Un degré de pollution 3 ou 4 est aussi permis au niveau d'une séparation de protection réalisée par un écran de protection, à condition que l'écran réalisé conformément à 5.2.18.3 empêche, de façon fiable, toute liaison directe via une pollution conductrice entre les circuits protégés.

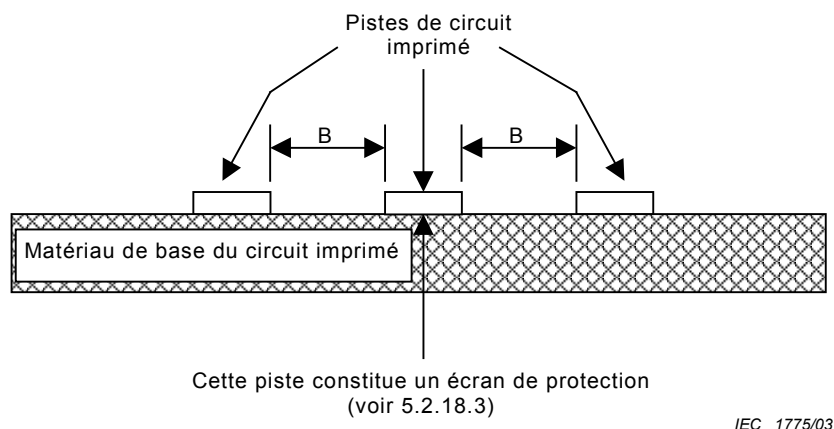
La Figure 15 en donne une illustration pour un circuit imprimé.

Pour la vérification des dimensions, se reporter à 9.4.4.1.

Exemple 1: Seulement pour les degrés de pollution 1 et 2



Exemple 2: Egalement pour les degrés de pollution 3 et 4



Légende

V distance d'isolement ou ligne de fuite pour isolation renforcée

B distance d'isolement ou ligne de fuite pour isolation principale

Figure 15 – Distances d'isolement et lignes de fuite pour la séparation de protection

Basic insulation of the associated circuit shall be sufficient to meet the required insulation of the live parts from the intermediate protective screen (see 5.2.18.2 a)).

5.2.18.4 Clearances and creepage distances in case of protective separation

The content of 5.2.15.1 shall apply for clearances and creepage distances.

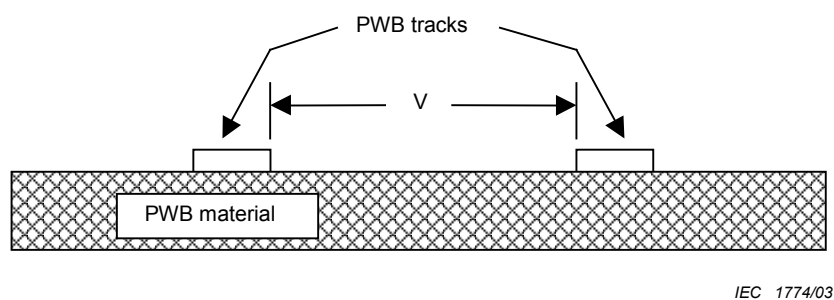
EE which is to be used under conditions of pollution degree 3 or 4 shall be designed and implemented in such a manner that the requirements of pollution degree 2 are not exceeded at clearances and creepage distances for protective separation as implemented by means of double or reinforced insulation (in accordance with 5.2.18.2). See 5.2.15.2 for measures required in this instance.

Clearances and creepage distances are also permissible for protective separation by means of protective screening (see 5.2.18.3) under considerations of pollution degree 3 or 4, provided that a direct connection of the protectively separated circuits by electrically conductive pollution is reliably prevented by the protective screening provided in accordance with 5.2.18.3.

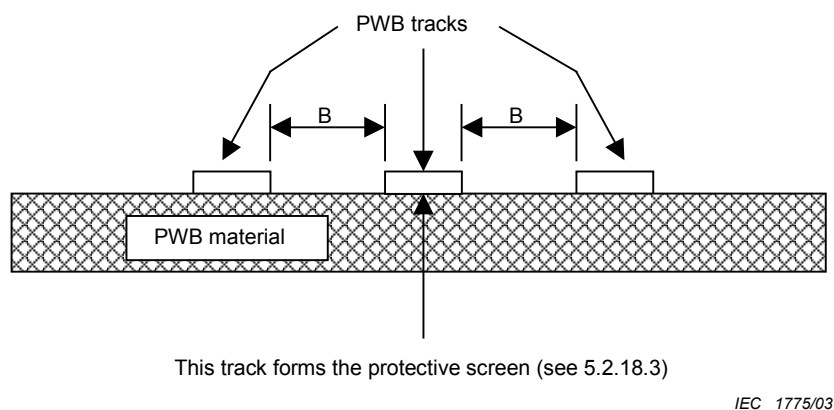
Figure 15 shows an example for a printed circuit board.

For testing of the dimensions, see 9.4.4.1.

Example 1: only for pollution degrees 1 and 2.



Example 2: also for pollution degrees 3 and 4.



Key

- V clearance or creepage distance for reinforced insulation
- B clearance or creepage distance for basic insulation

Figure 15 – Clearances and creepage distances for protective separation

5.2.18.5 Décharges partielles

L'isolation double et renforcée utilisée pour la séparation de protection des composants et des autres sous-ensembles électriques, y compris le matériau de base des circuits imprimés, doit avoir une valeur crête de la tension d'extinction des décharges partielles supérieure à 1,25 fois la valeur assignée (3.3.2.2.1 de la CEI 60664-1), ou doit pouvoir supporter les décharges partielles.

Cette valeur assignée est la somme des valeurs de crête répétitives de la tension la plus élevée dans chacun des deux circuits, mesurée aux conditions assignées, entre deux points quelconques du circuit. Si on est sûr qu'un circuit est mis à la terre directement, et de façon permanente, à l'aide d'un conducteur de section suffisante (système TN conformément à la CEI 60364-1), on applique la valeur de crête répétitive au point où la tension est la plus élevée par rapport à la terre (au lieu de la tension définie précédemment entre deux points du circuit).

Pour les essais, voir 9.4.5.3.

5.2.18.6 Composants et autres sous-ensembles électriques

Les dispositions ci-dessous s'ajoutent à celles de 5.2.18 pour les composants et les sous-ensembles.

Le câblage interne des composants et des autres sous-ensembles électriques doit être réalisé de telle façon que la séparation de protection ne puisse pas être réduite par une action mécanique, par la rupture ou le détachement d'un conducteur, au point que les caractéristiques de l'isolation ne respectent plus les exigences de l'isolation principale (voir A.5.2.18.7 à A.5.2.18.10).

5.3 Exigences pour la protection contre les chocs électriques des EE dans les installations

Les exigences de la CEI 60364-4-41 s'appliquent sauf dans les installations dont les tensions déterminantes sont supérieures à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c.; dans ce cas, les masses de l'EE doivent être reliées à la terre (voir 5.2.13).

La vérification des dispositions de protection contre les chocs électriques de l'EE dans une installation doit être effectuée dans chaque installation concernée. Cet essai ne concerne pas directement l'EE mais plutôt ses dispositifs de liaison. De plus, les clauses pertinentes de la CEI 60364-6-61 (comprenant par exemple des essais de continuité du conducteur de protection, des essais de mesure de résistance d'isolement) doivent être appliquées aux éléments alimentés en basse tension (tension déterminante supérieure à 50 V c.a. ou 120 V c.c. conformément à 5.2.13). Les éléments alimentés en tension plus élevée (tension déterminante supérieure à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c.) doivent être vérifiés par inspection visuelle ou par des mesures, s'il y a doute.

5.3.1 Protection contre les contacts directs

Une inspection visuelle doit être pratiquée **dans les installations** afin de s'assurer du respect des dispositions prises conformément à 5.3.1.1 à 5.3.1.4.

5.3.1.1 Câbles et fils

Les câbles et fils (exceptés les conducteurs de protection), utilisés lors de la mise en place de l'EE dans une installation, et qui sont accessibles sans ouverture ou déplacement d'une barrière ou qui sont posés sur une surface conductrice extérieure à l'EE, doivent avoir une isolation double ou renforcée entre l'âme et la périphérie, ou bien doivent être entourés d'un écran métallique supportant le courant de court-circuit éventuel entre l'âme et l'écran.

5.2.18.5 Partial discharge

Double and reinforced insulation for protective separation in components and in other electrical sub-assemblies including basic material of printed circuit boards shall have a peak value of the partial-discharge extinction voltage greater than 1,25 times the rated value (3.3.2.2.1 of IEC 60664-1), or shall be capable to tolerate partial discharges.

The rated value is the sum of the recurring peak values of the highest voltage in each of the two circuits, measured under rated operation conditions between any two points of the circuit. If it is ensured that a circuit is always directly earthed with an earthing conductor of sufficient cross-section (for example, a TN system in accordance with IEC 60364-1), the recurring peak value at the point with the highest voltage in the circuit with respect to earth shall apply (instead of the above-stated voltage between two points within the circuit).

For testing, see 9.4.5.3.

5.2.18.6 Components and other electrical sub-assemblies

The requirements given below supplement those given in 5.2.18 for components and other electrical sub-assemblies.

The internal wiring of components and other electrical sub-assemblies shall be implemented in such a manner that, the insulation of the protective separation can neither through mechanical action nor through breaking, unfastening, or detachment of a wire, be impaired to such an extent that the insulation no longer fulfils the requirements for basic insulation (see A.5.2.18.7 to A.5.2.18.10).

5.3 Requirements for EEs in installations with regard to protection against electric shock

The requirements of IEC 60364-4-41 shall apply, except in installations with a decisive voltage above 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c. (see 5.2.13) where the accessible conductive parts of EE shall be connected to protective earth.

Testing of EE to check the provision of protection against electric shock in installations shall be performed for each installation. This testing does not refer to the EEs but to the parts for the interconnection of the EEs. Furthermore, relevant clauses IEC 60364-6-61 (comprising for example tests for continuity of protective conductor, insulation resistance, function) shall apply for the testing of parts in low-voltage installations (with decisive voltage according to 5.2.13 greater than 50 V a.c. or 120 V d.c.). The implementation on parts in high-voltage installations (decisive voltage greater than 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c.) shall be checked by visual inspection or in case of doubt by measurement.

5.3.1 Protection with regard to direct contact

In installations, visual inspection shall be conducted to ensure that the measures performed in accordance with 5.3.1.1 to 5.3.1.4 have been properly carried out.

5.3.1.1 Cables and leads

The cables and leads (except the protective conductors) used in the erection of an EE in an installation which are accessible for contact without opening or removing a barrier or are laid on extraneous conductive parts shall have double or reinforced insulation between the core and the surface or shall be surrounded by a metal screen having a satisfactory current-carrying capacity in the event of a short-circuit between the core and the screen.

Cela ne s'applique pas aux fils et aux câbles qui ne contiennent que des circuits munis d'une séparation de protection selon 5.2.8 et qui sont disposés à part des câbles et des fils des autres circuits; cela ne s'applique pas non plus aux jeux de barres nus situés dans des locaux électriques fermés.

Les circuits munis d'une séparation de protection selon 5.2.8 doivent être reliés avec leurs propres câbles ou fils, lesquels doivent être séparés des câbles et fils des autres circuits de façon qu'ils ne puissent pas se toucher.

Si des circuits munis d'une séparation de protection selon 5.2.8 sont entièrement câblés avec leurs propres câbles ou fils, mais sans séparation avec la filerie des autres circuits, on doit alors leur appliquer les dispositions du premier alinéa ci-dessus (isolation double ou renforcée ou écran). Cette prescription vaut même si ces conducteurs sont protégés par une barrière ou s'ils ne sont pas disposés sur une surface conductrice extérieure à l'EE.

Si des circuits munis d'une séparation de protection selon 5.2.8 sont câblés au moyen de câbles multiconducteurs ou de fils communs à d'autres circuits, l'isolation de chaque âme de ces câbles et fils doit être définie pour la tension d'isolement assignée la plus élevée du circuit adjacent conformément à 5.2.3.

5.3.1.2 Liaison d'un EE avec séparation de protection

Lors du montage de l'EE sur son site d'utilisation, on doit s'assurer que toute protection par séparation de circuit selon 5.2.18 est bien maintenue sur toute la longueur du circuit considéré. En conséquence, les circuits réalisés avec une protection de séparation selon 5.2.8 ne peuvent être reliés à des circuits d'autres équipements que s'ils sont également réalisés avec une protection de séparation selon 5.2.8. Lorsque des sous-ensembles d'EE sont reliés par des connecteurs ou des dispositifs similaires, la continuité de la protection par séparation doit être maintenue tout au long des interconnexions. Le constructeur doit s'assurer que toute erreur de polarité lors d'une reconnexion après débrogage soit interdite par conception.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite, exigées par la séparation de protection, doivent être également maintenues sur les câblages externes (par exemple lors de l'utilisation d'embouts), et les courbures des câbles de liaison ne doivent pas non plus les réduire.

L'installateur doit s'assurer que la protection adéquate est bien appliquée au circuit protégé selon 5.2.8; si tel n'est pas le cas, une isolation double doit être mise en place conformément à la Figure A.5 de A.5.2.14.1. Si des circuits adjacents ont une tension d'isolement assignée plus élevée, on doit ajouter une isolation supplémentaire (voir aussi Figure 9 et Figure 13).

Dans les installations, la vérification du respect de la conformité des mesures de séparation de protection selon l'alinéa 3 de 5.3.1.1. et 5.3.1.2, doit être faite par inspection visuelle.

5.3.1.3 Montage des dispositifs préfabriqués dans les installations

Les prescriptions de 5.3.1.1 et 5.3.1.2 s'appliquent au montage des dispositifs préfabriqués en usine comme décrit en 5.2.6. On doit prendre soin de vérifier que les enveloppes ou les équipements plus importants qui contiennent ces dispositifs respectent les exigences de protection contre les contacts directs conformément aux dispositions de 5.2.2 à 5.2.7. Ces dispositions ne concernent pas les circuits de très basse tension TBTS ou TBTP (voir 5.2.8.1).

5.3.1.4 Montage de l'EE dans des locaux électriques fermés

Les EE qui ne possèdent pas leur propre protection contre les contacts directs peuvent être montés dans des locaux électriques fermés lorsque cette protection est réalisée au moyen d'obstacles et/ou d'une distance de sécurité selon CEI 60364-4-41.

This does not apply to cables and leads which contain only circuits with protective separation according to 5.2.8 and are laid separately from cables and leads of other circuits; and this also does not apply to bare conductors in closed electrical operating areas.

Circuits with protective separation according to 5.2.8 shall be wired within their own cables or leads and shall be laid separately from cables and leads of other circuits so that they do not touch each other.

If circuits with protective separation according to 5.2.8 have been wired with integrity within their own cables or leads but without special separation from other cables and leads, then the cables and leads of circuits with protective separation shall be wired as described above. This shall apply even if they are not accessible for contact without opening or removing a barrier or are not laid on extraneous conductive parts.

If circuits with protective separation according to 5.2.8 are wired within multi-core cables or leads together with other circuits, then the insulation of each core shall be designed for the highest rated insulation voltage of the adjacent circuits according to 5.2.3.

5.3.1.2 Connection of EE with protective separation

When installing EE into its operating location, it shall be ensured that any existing protective separation according to 5.2.18 is maintained throughout the entire length of the circuit in question. Circuits with protective separation according to 5.2.8 shall therefore be connected with circuits of other equipment only when these circuits are also constructed according to 5.2.8. When sub-units of EE are connected together by plugs and sockets, etc., continuity of the required protective separation throughout the interconnections shall be maintained. The manufacturer shall ensure that the design is such that the chance of polarity errors occurring shall not be existent when the plugs and socket connections are re-mated following disconnections.

When connecting external interconnecting leads of EE, care shall be taken that the clearances and creepage distances required for protective separation are still effectively maintained (for example, when using cable lugs), and that they are not reduced as a result of bending of the interconnecting lines.

For circuits according to 5.2.8 where protective separation is required, the installer shall ascertain whether protective separation is provided. If it is not provided, then double insulation according to Figure A.5 of A.5.2.14.1 shall be provided. Where adjacent circuits have a higher RIV, then supplementary insulation shall be added (see also Figure 9 and Figure 13).

In installations the compliance of the measures for protective separation according to paragraph 3 of 5.3.1.1 and 5.3.1.2 shall be checked by visual inspection.

5.3.1.3 Built-in devices in installations

The content of 5.3.1.1 and 5.3.1.2 applies to the fitting of a built-in device as described in 5.2.6. Care shall be taken to ensure that the larger device or the enclosure which accommodates the built-in device provides the protection against direct contact according to 5.2.2 to 5.2.7. Where extra-low voltage system PELV or SELV is used (see 5.2.8.1), the above protection is not required.

5.3.1.4 EE in closed electrical operating areas

EE which does not have its own protection against direct contact may be erected in closed electrical operating areas if a protection against direct contact is available or assigned for by means of obstacles and/or a distance according to IEC 60364-4-41.

5.3.2 Protection contre les contacts indirects

Les dispositifs de connexion du conducteur de protection de l'installation doivent être reliés au conducteur de protection. Si la tension déterminante (voir 5.2.13) est supérieure à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c., ils doivent être reliés au conducteur de terre (voir aussi 5.2.9.6).

La conformité aux prescriptions de 5.3.2 doit être vérifiée, pour les EE montés dans des installations, par inspection visuelle. Des calculs doivent être effectués, si nécessaire, pour confirmer que les exigences concernant la tension de contact admissible suivant 5.3.2.2 sont satisfaites. Si un EE est installé avec un dispositif à courant différentiel-résiduel, pour seule protection contre les contacts indirects, on doit vérifier dans le manuel d'utilisation et sur la plaque signalétique que ce montage est autorisé (voir Figure 4).

5.3.2.1 Courant de fuite dans le conducteur de protection

Si le courant de fuite ne dépasse pas 3,5 mA c.a. ou 10 mA c.c. (dû à des filtres par exemple), ou s'il ne dépasse cette valeur qu'en cas de coupure d'une (ou de deux) tension(s) d'alimentation phase-neutre, ou en cas de défaut, aucune mesure spéciale n'est nécessaire.

Si le courant de fuite normal, dans un EE installé à poste fixe, dépasse 3,5 mA c.a. ou 10 mA c.c., on doit satisfaire à l'une des conditions suivantes:

- a) section du conducteur de protection au moins égale à 10 mm² en cuivre;
NOTE: La section minimale est définie en tenant compte de la résistance mécanique.
- b) surveillance du conducteur de protection au moyen d'un dispositif automatique de coupure de l'EE en cas de défaut;
- c) câblage d'un second conducteur de protection, à travers une borne distincte, mais électriquement parallèle au premier. Ce conducteur doit satisfaire aux exigences des conducteurs de protection données en CEI 60364-5-54.

Pour la mesure du courant de fuite, voir 5.2.11.1.

5.3.2.2 Tension de contact admissible

La mise à la terre doit être réalisée conformément à la CEI 60364-5-54 de façon à empêcher toute tension de contact permanente dangereuse (supérieure à 50 V c.a. ou 120 V c.c.), même en tenant compte des composantes inductives et capacitives de l'impédance du conducteur de protection, du conducteur neutre, du conducteur de terre, et de la prise de terre.

5.3.2.3 Protection des EE par dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel

Avant son raccordement, on doit vérifier la compatibilité fonctionnelle d'un EE à un réseau d'alimentation pour lequel la protection en cas de contact indirect est réalisée au moyen d'un dispositif à courant différentiel-résiduel (voir 5.2.11.2). En cas de nécessité cette protection doit être réalisée par d'autres moyens, dispositifs de protection par surintensité, par exemple.

NOTE Les convertisseurs triphasés (indice de pulsation 6) directement reliés au réseau sont d'un usage répandu dans les EE. Il faut que leur association avec un dispositif à courant différentiel-résiduel soit faite avec précaution, car le fonctionnement de ceux de type A et AC peut être empêché par le passage d'un courant continu résiduel non pulsatoire (voir 5.2.9 de la CEI 61008-1). Les dispositifs à courant différentiel-résiduel de type B conviennent pour ce dernier cas.

Lors de la conception et de la construction d'une installation électrique, on doit veiller à ce que l'EE qui peut générer des courants de défaut à la terre lissés soit relié au réseau d'alimentation par une branche séparée à travers un dispositif à courant différentiel-résiduel de type B. Le branchement d'un DDR de type B en aval d'un dispositif de type A ou AC n'est pas acceptable (voir l'exemple d'étude de la Figure A.3).

5.3.2 Protection with regard to indirect contact

The means of connection for the protective conductor of EE of an installation shall be connected to the protective conductor. In case of a decisive voltage (see 5.2.13) above 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c., they shall be connected to the earthing conductor (see also 5.2.9.6).

With respect to EE(s) in installations, the measures taken according to 5.3.2 shall be checked for conformity with the requirements by visual inspection. If required, calculation shall again be performed to confirm whether the requirements concerning permissible touch voltage according to 5.3.2.2 are satisfied. If an EE is installed via a residual-current-operated protective device as the only protective measure in case of indirect contact, then confirmation shall be made by consulting the operating instructions and the inscriptions on the EE as to whether operation under these conditions is permissible (see Figure 4).

5.3.2.1 Leakage current through the protective conductor

No special measures are necessary if a leakage current of 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. (for example originating from filters) from EE is not exceeded, or exceeded only in the case of failure of one or two line-to-neutral voltages of the supply mains or in the case of a fault.

If the normal leakage current in fixed connected EE exceeds 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c., then one of the following conditions shall be satisfied:

- a) a cross-section of the protective conductor of at least 10 mm² Cu;
NOTE The minimum cross-section was determined with regard to the mechanical strength.
- b) monitoring of the protective conductor by means of a device which automatically disconnects the EE in the case of a fault;
- c) laying of a second conductor through separate terminals and electrically parallel to the protective conductor. This conductor shall itself satisfy the requirements for protective conductors as given in IEC 60364-5-54.

For measurement of leakage current, see 5.2.11.1.

5.3.2.2 Permissible touch voltage

Earthing shall be carried out according to IEC 60364-5-54 in such a manner that sustained hazardous touch voltages (values higher than 50 V a.c. or 120 V d.c.) are prevented even when inductive and capacitive components of the impedance of the protective conductor, neutral conductor, earthing conductor and the earth electrode are taken into account.

5.3.2.3 Protection of EE by a residual-current operated protective device

Before connecting EE to a branch of the supply mains where the line-side protection in case of indirect contact is achieved by means of an RCD, their appropriate function/combination shall be verified (see 5.2.11.2). If necessary, the line-side protection against indirect contact shall be established by other means, for example, by means of an overcurrent protective device.

NOTE Convertors in six-pulse bridge connection, directly connected to the supply mains are often used in EE. Care shall be taken with the application of RCDs in such circuits since the operation of RCDs Type AC and A (see 5.2.9 of IEC 61008-1) can be blocked by smooth residual d.c. current. RCDs Type B are suitable in that case.

When designing and constructing an electrical installation care shall be taken that EE which can cause smooth earth fault currents are attached to the supply system by a separate branch together with RCD of type B. The branching of RCDs of Type B behind RCDs of Type AC or A is not acceptable (see design example in Figure A.3).

6 Exigences et conditions dues à l'environnement

Les exigences citées dans la présente norme sont les spécifications normales décrivant les conditions minimales de l'environnement auquel un EE est exposé. Un EE doit pouvoir fonctionner, avec ses performances spécifiées, dans les conditions d'environnement décrites dans cet article, qui comprennent en particulier des exigences:

- climatiques;
- mécaniques;
- électriques.

Dans le cas où les conditions de fonctionnement requises pour l'EE sortent des gammes spécifiées dans cette norme, elles doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et être décrites dans la spécification particulière d'achat ou l'appel d'offre.

Il convient de noter que l'accord peut porter sur des conditions d'utilisation plus larges ou plus étroites.

Pour les essais fonctionnels de l'EE, voir 9.4.7.

6.1 Conditions climatiques

Les conditions climatiques spécifiées pour l'EE sont celles relatives à son environnement immédiat.

L'EE doit être conçu pour fonctionner, avec ses performances, dans toute la gamme des conditions climatiques spécifiées dans le Tableau 7. Aucune dégradation ou perte de performance, telles qu'elles sont définies dans la spécification des performances de l'EE, n'est admise dans les (ou aux) limites définies. Le constructeur doit indiquer les classes de conditions climatiques dans ses notices d'utilisation.

Pour plus de commodité, les emplacements où les EE peuvent être installés ont été divisés en trois classes de conditions climatiques (comme illustré dans les colonnes du Tableau 7).

Les paramètres de température, d'humidité relative, et de pression atmosphérique assignés à chaque classe climatique ont été choisis dans un éventail de conditions d'environnement qui sont supposées traduire les conditions climatiques de la plupart des applications des EE.

6 Environmental requirements and conditions

The requirements stated in this standard are regarded as normal conditions which represent the minimum environmental conditions to which EE is exposed. The EE shall operate within its performance specification throughout the environmental conditions stated in this clause namely

- climatic;
- mechanical;
- electrical conditions.

Where EE is required to operate in conditions outside the range of values given in this standard, then this shall be by agreement between the supplier and the customer, as defined in the particular individual, enquiry or purchasing specification.

Note that the agreement may provide for wider or narrower conditions of operation.

For functional testing of EE see 9.4.7.

6.1 Climatic conditions

Climatic conditions of EE denote the conditions in the immediate environment.

EE shall be designed to operate within its performance specification over the range of the specified climatic requirements as listed in the groups of Table 7. No degradation of performance or loss of function, as defined in the performance specification of the EE, is allowed at or within the limits defined. The manufacturer shall state the climatic class for the EE in the operating documents.

For convenience, the locations in which EE may be installed have been divided into three climatic classes (as shown vertically in Table 7).

The parameters of temperature, relative humidity, and air pressure assigned to each climatic class are selected from a range of environmental conditions, which are expected to comply with the climatic conditions of the majority of the EE applications.

Tableau 7 – Conditions climatiques

Type	Emplacement typique	Température (NOTE 1)	Humidité relative (NOTE 1)	Pression atmosphérique (NOTES 1, 2)
A	Emplacements de bureaux, locaux commerciaux, salles ordinateurs, salles électriques à environnement contrôlé (NOTE 3)	Classe 3K2 +15 °C à +30 °C	Classe 3K2 10 % à 75 % 2 g/m ³ à 22 g/m ³	Classe 3K2 86 kPa à 106 kPa
B	Emplacements protégés, salles de commande et salles électriques incomplètement climatisées (NOTE 3)	Classe 3K3 +5 °C à +40 °C	Classe 3K3 5 % à 85 % 1 g/m ³ à 25 g/m ³ (NOTES 6, 8)	Classe 3K3 86 kPa à 106 kPa
C	Emplacements extérieurs peu ou pas protégés, paniers de cartes, ou équipements montés en armoire éloignés de toute source de chaleur	Classe 4K4H –20 °C à +55 °C	Classe 4K4H 4 % à 100 % 0,9 g/m ³ à 36 g/m ³ (NOTES 6, 7)	Classe 4K4H 86 kPa à 106 kPa
D	Magasinage	Classe 1K4 –25 °C à +55 °C	Classe 1K3 5 % à 95 % 1 g/m ³ à 29 g/m ³	Classe 1K4 86 kPa à 106 kPa
E	Transport	Classe 2K3 –25 °C à +70 °C	Classe 2K3 a) b) 95 % c) 60 g/m ³ (NOTES 4, 5)	Classe 2K3 70 kPa à 106 kPa
NOTE 1 Les définitions des classes des colonnes 2,3 et 4 sont tirées du Tableau 1 de la CEI 60721-3-1, de la CEI 60721-3-2, de la CEI 60721-3-3 et de la CEI 60721-3-4 partiellement modifiées. NOTE 2 Quand un EE est utilisé à une pression atmosphérique inférieure à 86 kPa (en altitude), il est nécessaire de réduire soit la limite haute de la température donnée en 6.1.1, soit les performances de l'EE. Il est recommandé dans ce cas de consulter le constructeur. NOTE 3 Si l'EE doit pouvoir fonctionner même en cas de coupure de la climatisation, il convient que la classe d'environnement résultante soit prise en considération, et spécifiée en conséquence. Des ventilateurs et une climatisation peuvent être avantageusement utilisés pour augmenter la durée de vie de l'équipement aux conditions assignées. NOTE 4 Lorsque l'EE est à l'arrêt, une légère condensation de faible durée peut survenir; c'est le cas, par exemple, des sous-ensembles ou des cartes de circuit imprimé retirés d'un véhicule et transportés à l'intérieur d'une salle. NOTE 5 a) Humidité relative maximale d'un EE dont la température croît lentement de 40 K; b) Humidité relative maximale d'un EE dont la température passe directement de –25 °C à +30 °C; c) Valeur maximale absolue de l'humidité d'un EE dont la température passe directement de +70 °C à +15 °C. NOTE 6 Pas de condensation, pas de formation de glace. NOTE 7 Une légère condensation de courte durée peut survenir occasionnellement à l'extérieur de l'enveloppe. NOTE 8 La relation entre la température de l'air et l'humidité est montrée à la Figure A.7.				

6.1.1 Température

La température à laquelle est soumise un EE pendant sa durée de vie dépend de l'endroit où il est implanté. Le classement des gammes de température du Tableau 7, est un guide utile pour déterminer les caractéristiques des sites typiques qui peuvent être rencontrés dans la pratique.

Table 7 – Climatic conditions

Type	Typical site	Temperature (NOTE 1)	Relative or absolute humidity (NOTE 1)	Air pressure (NOTES 1, and 2)
A	Commercial locations, computer and equipment rooms with closely controlled environments (NOTE 3)	Class 3K2 +15 °C to +30 °C	Class 3K2 10 % to 75 % 2 g/m ³ to 22 g/m ³	Class 3K2 86 kPa to 106 kPa
B	Weatherprotected, e.g. control rooms and equipment rooms not fully air conditioned (NOTE 3)	Class 3K3 +5 °C to +40 °C	Class 3K3 5 % to 85 % 1 g/m ³ to 25 g/m ³ (Notes 6 and 8)	Class 3K3 86 kPa to 106 kPa
C	Outdoors, light weatherprotected and non-weatherprotected locations, separately rack or cubicle mounted equipment, mounted away from high temperature plant	Class 4K4H –20 °C to +55 °C	Class 4K4H 4 % to 100 % 0,9 g/m ³ to 36 g/m ³ (Notes 6 and 7)	Class 4K4H 86 kPa to 106 kPa
D	In storage	Class 1K4 –25 °C to +55 °C	Class 1K3 5 % to 95 % 1 g/m ³ to 29 g/m ³	Class 1K4 86 kPa to 106 kPa
E	During transportation	Class 2K3 –25 °C to +70 °C	Class 2K3 a) b) 95 % c) 60 g/m ³ (Notes 4 and 5)	Class 2K3 70 kPa to 106 kPa

NOTE 1 Class definitions in columns 2, 3, 4 from Table 1 of IEC 60721-3-1, IEC 60721-3-2, IEC 60721-3-3, IEC 60721-3-4, partly modified.

NOTE 2 When EE is used at an air pressure lower than 86 kPa (e.g. at elevated altitude), it is necessary to reduce the high temperature limit as given in 6.1.1 or the performance of the EE. It is advisable to consult the manufacturer.

NOTE 3 Where EE is required to continue functioning despite the failure of the air conditioning plant, the environment which would result should be ascertained and the relevant class specified accordingly. Fans and an air conditioning plant may be used to prolong the life of EE in normal operation.

NOTE 4 A light condensation of short duration may occur occasionally when EE is out of operation, for example when a small piece of EE such as a printed circuit board assembly is taken from a vehicle into an indoor location.

NOTE 5

a) Maximum relative humidity when EE temperature slowly increases by 40 K;

b) Maximum relative humidity when EE moves directly from –25 °C to +30 °C;

c) Maximum absolute humidity when EE moves directly from +70 °C to +15 °C.

NOTE 6 No condensation, no formation of ice.

NOTE 7 Outside of the enclosure, a light condensation of short duration may occur occasionally.

NOTE 8 Correlation between air temperature and humidity is shown in Figure A.7.

6.1.1 Temperature

The temperature to which EE will be subjected throughout its life depends upon the location in which it is situated. The temperature classification of Table 7 is grouped to provide a useful guide indicating the types of site which are to be found in practical applications.

6.1.1.1 Température de l'air ambiant

Les conditions climatiques groupées en colonne 2 du Tableau 7 indiquent la plage des températures auxquelles un EE peut être exposé à l'extérieur de son enveloppe éventuelle (son armoire). Elles ne se rapportent pas aux températures de l'air atteintes à l'intérieur d'une enveloppe ou d'une armoire.

Sachant que la température de fonctionnement d'un EE est influencée par la chaleur rayonnée par des sources proches (aussi bien que par la température ambiante), on doit tenir compte de toutes ces sources de rayonnement quand elles existent.

Si des ensembles, des produits ou des sous-ensembles n'appartenant pas à l'EE, par exemple des cartes de circuits imprimés, doivent être montés à l'intérieur de la même enceinte que celle renfermant des parties de l'EE (montage en armoire par exemple), il faut mesurer la température à l'endroit du montage prévu. Alors, l'air ambiant des ensembles, des produits ou des sous-ensembles ajoutés (dépendant de l'air circulant à l'intérieur de l'armoire ou de l'enveloppe) doit être considéré comme un agent de transfert de chaleur et non pas comme un fluide réfrigérant.

En cas d'impossibilité de la mesure, il convient d'augmenter d'au moins 15 K la température limite supérieure de la classe d'environnement considérée du Tableau 7.

6.1.1.2 Température du fluide de refroidissement

Les températures extrêmes du fluide de refroidissement en circulation naturelle (convection) ou forcée (ventilation forcée) doivent être:

- minimale +5 °C, maximale +35 °C en refroidissement par air ou gaz;
- minimale +5 °C, maximale +25 °C en refroidissement au moyen d'un liquide.

Le constructeur fournit les limites des performances dégradées de l'EE si la température du fluide de refroidissement est plus élevée.

Pour les essais, voir 9.4.2.1.

6.1.2 Humidité et pression atmosphérique

6.1.2.1 Humidité

Les conditions climatiques inscrites dans la colonne 4 du Tableau 7 indiquent la gamme des valeurs d'humidité relative auxquelles sont soumis les EE pour chaque classe du Tableau.

Les EE doivent être conçus pour supporter réellement les conditions d'humidité données dans la colonne 4 du Tableau 7 pour la classe considérée.

Pour les essais, voir 9.4.2.2.

6.1.2.2 Pression atmosphérique

Les conditions climatiques inscrites dans la colonne 5 du Tableau 7 indiquent la gamme normale des valeurs de la pression atmosphérique à laquelle est soumis un EE pour chaque classe du Tableau.

6.1.3 Pollution

En principe l'EE est conçu pour supporter les conditions de pollution de degré 2 (selon 2.5.1 de la CEI 60664-1). Toutefois, la condensation temporaire, prévue occasionnellement, n'est admise que lorsque l'EE est hors service.

6.1.1.1 Ambient air temperature

Climatic conditions as listed in the groups of column 2 in Table 7 apply to the range of values of temperature to which EE is exposed outside its enclosure (for example cubicle), if any. It does not refer to the values of air temperature within a cubicle or enclosure.

Because the working temperature of EE is affected by adjacent radiant heat sources (as well as ambient temperature) allowance shall be made for any such radiant heat sources when they exist.

Where assemblies, units or sub-units for example printed circuit boards are to be installed within enclosures housing other items of EE (for example inside a cubicle), the temperatures at the mounting position shall be measured. In this case the ambient air for assemblies, units and sub-units (affected by the internal air within the cubicle or the cabinet) shall be considered as a heat transfer agent and not as a cooling medium.

If this is not possible, an increase of at least 15 K should be applied to the upper temperature limit appropriate to the environmental class as in Table 7.

6.1.1.2 Cooling medium temperature

For natural circulation (convection) and for forced circulation (forced cooling) of the cooling medium, the extreme temperatures shall be:

- Cooling medium temperature for air and gas cooling: min. +5 °C, max. +35 °C;
- Cooling medium temperature for liquid cooling: min. +5 °C, max. +25 °C.

In case of a higher cooling medium temperature, the manufacturer will give the extent of the reduced performance of the EE.

For testing, see 9.4.2.1.

6.1.2 Humidity and air pressure

6.1.2.1 Humidity

Climatic conditions as listed in Table 7, column 4, apply to the range of values of humidity to which EE is exposed for each group in the Table.

The EE shall be designed such that it can effectively withstand the conditions of humidity given in column 4 of Table 7 for the group selected.

For testing, see 9.4.2.2.

6.1.2.2 Air pressure

Climatic conditions as listed in column 5 in Table 7 apply to the normal range of values of air pressure to which EE is exposed for the group selected.

6.1.3 Pollution

Normally, the EE is designed according to pollution degree 2 (2.5.1 of IEC 60664-1), but the permitted temporary condensation, expected occasionally, may occur only when the EE is out of operation.

Lors de la passation d'une commande, l'utilisateur de l'EE doit attirer l'attention sur tout degré de pollution significatif et sur les mélanges réfrigérants susceptibles de favoriser la corrosion.

Des mesures adéquates de protection doivent être prises si l'environnement de l'EE (air ou liquide de refroidissement) contient des impuretés qui peuvent mettre en danger son fonctionnement normal. Cela peut être obtenu, par exemple, au moyen d'une enveloppe appropriée (5.2 et article 6 de la CEI 60529), de conduits d'air, de l'installation de filtres, d'échangeurs d'ions ou par le nettoyage périodique de l'installation (voir A.6.1.3 et A.6.1.4).

6.2 Exigences mécaniques (générales)

Les performances ou la durée de vie de l'EE peuvent être réduites du fait de dégâts mécaniques survenant durant la fabrication, le transport, le montage, le fonctionnement ou les opérations de maintenance. De tels dégâts peuvent être éprouvés à la suite de chocs, d'impacts ou de vibrations.

L'expérience montre que l'EE résiste aux contraintes survenant durant le fonctionnement continu et le transport, si les essais mécaniques conformément à 9.4.3.1 et 9.4.3.2 ont été appliqués sans qu'il en résulte de dommage.

6.2.1 Chocs mécaniques

Il n'est pas possible de quantifier totalement les valeurs des impacts et des chocs auxquels un EE est soumis durant sa fabrication, son transport, son montage sur site ou son fonctionnement et sa maintenance. Le fournisseur doit donc donner des recommandations et prendre toutes les précautions d'usage pour éviter qu'un quelconque dégât puisse survenir.

L'EE est soumis à des chocs mécaniques durant son transport. Pour se prémunir contre un tel dommage, on doit prévoir une protection appropriée, un emballage et un étiquetage adapté aux moyens de transport usuels.

La CEI 60721-3-2 (classe 2M1 du Tableau 5) prévoit qu'un EE pesant moins de 20 kg doit supporter l'essai de basculement autour de ses arêtes.

Les EE qui, comme les sous-ensembles d'EE, les éléments déconnectables, le matériel portable doivent être manipulés pendant leur durée de vie, sont considérés comme risquant des chocs mécaniques (par exemple durant leur service sur une plate-forme d'essai) et, en tant que tels, doivent être soumis aux essais de basculement décrits dans la CEI 60068-2-31, essai Ec. Les essais de basculement doivent être choisis conformément aux indications de la CEI 60068-2-31 et réalisés suivant 9.4.3.1.

L'exigence d'autres niveaux d'immunité (contraintes spéciales, exigences sismiques) doit résulter d'un accord entre le client et le fournisseur, tel que défini dans l'appel d'offre ou dans la spécification d'achat particulière.

6.2.2 Vibrations mécaniques

Le niveau des vibrations varie suivant l'endroit où l'EE est installé. Dans les centrales de production d'énergie, on peut s'attendre à la fréquence prépondérante de 50 Hz ou 60 Hz, bien qu'aux alentours des groupes tournants des fréquences plus basses ont déjà été rencontrées.

6.2.2.1 Exigences d'immunité aux vibrations mécaniques

Ces exigences correspondent à la classe V.H.2 du Tableau II de la CEI 60654-3.

On ne considère que l'EE satisfait aux exigences d'immunité de la présente norme que s'il a subi avec succès l'essai de vibrations Fc de la CEI 60068-2-6, conformément à 9.4.3.2.

When placing an order, the user of EE shall draw attention to any appreciable degree of contamination and coolant admixtures which are likely to promote corrosion.

If the environment of the EE (for example cooling air, cooling liquid) contains impurities which can endanger the normal function of the EE, adequate countermeasures shall be taken, for example, by means of appropriate enclosures (5.2 and 6 of IEC 60529), air ducts, installation of filters, ion exchangers or by periodical cleaning of the installation (see A.6.1.3 and A.6.1.4).

6.2 Mechanical requirements (General)

The performance or working life of EE can be reduced by mechanical damage occurring during manufacture, transportation, erection, operation and maintenance. Such mechanical damage can be sustained as a result of shocks, impacts, or vibrations.

It is concluded from experience, that EE will be immune to the stresses occurring during continuous operation and transportation if the mechanical tests according to 9.4.3.1 and 9.4.3.2 have been passed without damage.

6.2.1 Mechanical shock

It is not possible to fully quantify the shocks and impacts to which EE may be subjected during manufacture, transportation, erection, operation and maintenance. A supplier shall therefore make such recommendations and take all sensible precautions to ensure avoidance of any damage.

EE is subject to mechanical shock during transportation. Protection against such damage occurring shall be by the provision of appropriate protection, packaging and labelling suitable for usual forms of transportation.

It is a requirement of IEC 60721-3-2 (Table 5, class 2M1) that EE with a weight of less than 20 kg shall endure toppling around the edges.

EE which is required to be handled during its working life, for example sub-assemblies of EE, plug-in items, portable equipment etc. are considered to be a risk in respect to mechanical shock for example while being serviced on a bench, and as such shall be subject to topple tests as described in IEC 60068-2-31, test Ec. The topple tests shall be chosen in accordance with the guidance given in IEC 60068-2-31 and tested in accordance with 9.4.3.1.

In the event of any other immunity levels being required (for example special stresses, seismic requirements), these shall be by agreement between the supplier and the customer, as defined in the particular individual, enquiry or purchasing specification.

6.2.2 Mechanical vibration

Vibration levels will vary depending upon where the EE is installed. In power stations, the predominant frequency is likely to be 50 Hz or 60 Hz, though in the vicinity of a rotating plant, lower frequencies may be experienced.

6.2.2.1 Immunity requirement to mechanical vibration

This requirement is guided by class V.H.2 in Table II of IEC 60654-3.

To comply with the immunity requirement of this standard, the EE shall have passed the vibration test Fc of IEC 60068-2-6 according to 9.4.3.2 of this standard.

L'exigence de niveaux d'immunité plus sévères pour certaines localisations doit résulter d'un accord entre le client et le fournisseur.

6.2.2.2 Vibrations mécaniques, contraintes à l'émission

L'EE ne doit pas générer lui-même des vibrations à un niveau tel que cela puisse soit réduire ses propres performances dans l'immédiat ou à terme du fait de la fatigue des matériaux, soit nuire au fonctionnement d'autres EE, soit gêner, incommoder, ou porter atteinte à la santé du personnel.

Les niveaux d'émission significatifs doivent être signalés par le fournisseur, et toutes les précautions exigées par l'utilisateur doivent résulter d'un accord entre le client et le fournisseur.

6.2.3 Etanchéité en cas de refroidissement liquide

L'étanchéité des circuits comportant des liquides de refroidissement doit être assurée lorsque l'EE est utilisé suivant ses spécifications.

Pour les essais, voir 9.4.3.3.

6.2.4 Etanchéité aux poussières

Si l'EE exige une protection contre les poussières (centrales fonctionnant au combustible pulvérisé, ou cimenteries, par exemple), cette exigence doit apparaître dans les documents d'achat qui doivent alors spécifier la nécessité d'une enveloppe étanche aux poussières, et son degré IP.

Pour les spécifications d'essai, voir 9.4.4.3.

6.3 Exigences électriques et électromagnétiques

Les exigences de compatibilité électromagnétique doivent être satisfaites au niveau de l'appareil ou du système.

L'appareil ou le système doit être conçu pour satisfaire:

- aux exigences données dans la norme CEM de produit pertinente ou dans celle de famille de produit;
- ou, s'il n'en existe pas, aux normes génériques CEM de la série 61000-6 de la CEI ou du CISPR.

NOTE Les normes génériques ne couvrent pas tous les environnements électromagnétiques que l'on peut rencontrer; il convient que les environnements spéciaux (comme les sous-stations à haute tension) soient soumis à des mesures particulières (voir Annexe A).

6.3.1 Conditions dans le système (niveau d'immunité de l'EE)

Dans certains cas le niveau d'immunité est égal au niveau de compatibilité. C'est l'exigence minimale. Les parties concernées, le constructeur et l'utilisateur peuvent, afin d'assurer la fiabilité du fonctionnement, faire le choix d'une marge pour l'immunité entre ces différents niveaux.

La variété et la diversité des appareils (équipements électroniques) couverts par le domaine d'application de cette norme rendent impossible une définition précise des critères d'évaluation des résultats lors des essais d'immunité.

L'application des essais CEM définis dans les normes internationales pour vérifier l'immunité aux perturbations électromagnétiques ne doit pas avoir pour conséquence de rendre l'EE dangereux ou moins sûr.

At locations where higher immunity levels are required, they shall be agreed between the supplier and the customer.

6.2.2.2 Mechanical vibration emission constraints

The EE shall not itself generate any vibration at a level which could be detrimental to its own performance either directly or through long term fatigue, or to any other EE, or which could cause annoyance, discomfort or harm to personnel.

Where levels of emission are likely to be significant, they shall be declared by the supplier and any constraints required by the user shall be by agreement between the supplier and the customer.

6.2.3 Sealing in case of liquid cooling

For EE with liquid cooling, the sealing of the cooling circuit shall be ensured when the EE is used as intended.

For testing, see 9.4.3.3.

6.2.4 Sealing against dust ingress to EE

Where there is a requirement for the protection of EE against dust ingress (for example in pulverized fuel plants or cement works), the purchasing documents shall specify the need for enclosure of the EE in dust tight enclosure(s) giving the appropriate IP classification.

For test requirements, see 9.4.4.3.

6.3 Electrical and electromagnetic requirements

The EMC requirements shall be fulfilled on the apparatus or the system level.

The apparatus or the system shall be designed so that it complies:

- with the requirements given in the relevant EMC product or EMC product family standard;
- or, if not available, with the EMC generic standards of the IEC 61000-6 or the CISPR series.

NOTE The generic standards do not cover the whole electromagnetic environments which may occur; special environments (for example high voltage units) should be subject to particular provisions (see Annex A).

6.3.1 Conditions in the system (immunity level for EE)

In some cases, the immunity level equals the compatibility level. This is the minimum requirement. The parties involved, manufacturer and user, may choose an immunity margin if necessary between these levels in order to ensure reliable operation.

The variety and the diversity of the apparatus (electronic equipment) within the scope of this document makes it impossible to define precise criteria for the evaluation of the immunity test results.

Apparatus (EE) shall not become dangerous or unsafe as a result of the application of the tests defined in international EMC standards to verify the immunity from electromagnetic disturbance.

Le constructeur doit fournir et consigner, dans le rapport d'essai, une description fonctionnelle du comportement et une définition des critères de performances relatifs aux essais de CEM.

Le terme appareil comprend les équipements et les systèmes, alors que les composants et installations sont exclus.

6.3.2 EE relié au réseau alternatif (immunité) (valable pour la tension phase-neutre et entre phases)

NOTE Les spécifications énoncées dans les paragraphes ci-dessous ne concernent que l'EE. Elles ne concernent pas son réseau d'alimentation, sauf si la source d'alimentation fait partie intégrante de l'EE.

6.3.2.1 Variation de la tension d'alimentation

L'équipement de traitement de données qui commande l'EE doit satisfaire aux exigences de cette norme quand il fonctionne de façon permanente, avec, à ses bornes d'entrée, une valeur efficace de la tension d'alimentation comprise entre 86 % et 110 % de la valeur de la tension assignée.

NOTE 1 Il convient de considérer les coupures brèves et les creux de tension tels qu'ils sont présentés en A.6.3.2.3.

NOTE 2 La variation de la tension aux bornes d'alimentation (de l'installation du consommateur) est limitée à ± 10 % de la tension nominale du système, mais une chute additionnelle de 4 % peut survenir entre le point de raccordement de l'installation du consommateur et la prise de connexion de l'alimentation ou les bornes d'entrée de l'équipement.

Voir 9.4.6.2 pour les normes applicables en ce qui concerne les essais de variations de tension.

La limite inférieure de la tension en fonctionnement est ramenée à 90 % pour le fonctionnement des convertisseurs commutés par le réseau. Cette valeur est mesurée au point de couplage au réseau de l'équipement d'électronique de puissance. L'équipement d'électronique de puissance comprend le transformateur ou les selfs et les câbles de connexion au réseau.

6.3.2.2 Fréquence

L'EE doit être conçu pour fonctionner à une fréquence d'alimentation assignée de 50 Hz ou 60 Hz.

L'EE doit satisfaire aux exigences de cette norme si la fréquence du réseau d'alimentation ne dévie pas de plus de ± 1 % de la valeur assignée.

Dans le cas particulier des EE utilisés dans des centrales de production, de transmission, ou de distribution d'énergie, la variation de la fréquence peut aller de -6 % à +4 % au démarrage, ou lors d'un défaut majeur du système conduisant éventuellement à un déclenchement de délestage; l'EE doit pouvoir dans ces conditions continuer à fonctionner sans dégradation de ses performances afin d'assurer un contrôle effectif de la station (voir A.6.3.2.3 à A.6.3.2.6).

6.3.3 EE relié à une source de tension d'alimentation continue (immunité)

Alimentation par redresseur

Lorsque la source d'alimentation est un redresseur (sans énergie stockée, pas d'utilisation de batteries d'accumulateurs, de condensateurs, ou de réactance de lissage), les dispositions de 6.3.2 doivent être appliquées lors de la conception, lorsqu'elles sont pertinentes.

L'EE ne doit subir aucun dégât si son service est interrompu par le fonctionnement des dispositifs de protection, dans le cas où la valeur de la tension d'alimentation s'abaisse en dessous de 85 % de sa valeur assignée.

A functional description and a definition of performance criteria, during or as a consequence of the EMC testing, shall be provided by the manufacturer and noted in the test report.

The term apparatus includes equipment and systems, whereas components and installations are excluded.

6.3.2 EE connected to a.c. supply mains (immunity) (valid for line-to-neutral voltage and line-to-line voltage)

NOTE The conditions laid down in these subclauses are to be understood not as requirements for supply mains but as those for EE, except where the supply source is an integral part of the EE.

6.3.2.1 Supply voltage variation

Data processing equipment with control on EE shall satisfy the requirements of this standard when it is continuously operated with r.m.s. values between 86 % and 110 % of the rated supply voltage at its supply terminals.

NOTE 1 Voltage dips and interruptions should be considered as given in A.6.3.2.3.

NOTE 2 Voltage variations at the supply terminals (of the consumer's installation) are commonly limited to ± 10 % of the nominal system voltage, but an additional 4 % voltage drop can occur between the origin of the consumer's installation and the socket-outlets and equipment terminals respectively.

See 9.4.6.2 for applicable standards with supply voltage variation tests.

For operation of line-commutated power convertors, the lower limit of the supply voltage is restricted to 90 %. This value applies to the coupling point of the power electronic equipment to the supply system. Power electronic equipment includes the line-side conductors and transformer or reactors.

6.3.2.2 Frequency

EE shall be designed to operate at a rated supply frequency of 50 Hz or 60 Hz.

EE shall satisfy the requirements of this standard if the frequency of the electricity supply system deviates by up to ± 1 % from the nominal value.

In the particular case of EE used in electricity generation, transmission and distribution applications, the frequency deviation may be -6 % to +4 % under "black start" conditions or during major system disturbances possibly leading to load disconnection, EE shall continue to perform to full specification in this situation in order to ensure the safe operation of the plant being controlled. (see A.6.3.2.3 to A.6.3.2.6)

6.3.3 EE connected to d.c. supply mains (immunity)

Rectifier supplied mains

Where d.c. is generated by use of rectifiers (without energy storage for example battery, capacitor, smoothing reactor), the details of 6.3.2 shall be applied as appropriate to the design.

In the case where supply output voltage variation below 85 % of the rated voltage can occur, there shall be no damage to the EE, when its operation is interrupted by the operation of protective devices.

L'EE doit fonctionner de manière satisfaisante en cas de variation de $\pm 20 \%$ de la tension nominale d'alimentation.

Lorsque le courant continu est produit par un redresseur triphasé non commandé, l'ondulation crête à crête qui se superpose à la tension de sortie continue ne doit pas dépasser 15 % (voir A.6.3.3).

6.3.4 Capacité de tenue aux courts-circuits (immunité)

Les circuits de sortie des EE protégés contre les courts-circuits doivent satisfaire aux dispositions suivantes. Un court-circuit, quelle que soit sa durée, survenant pendant le fonctionnement à l'une quelconque des bornes de sortie, ne doit pas provoquer d'échauffement inacceptable ou endommager l'EE ou ses constituants. Après l'élimination du court-circuit l'EE doit être de nouveau pleinement opérationnel sans remplacement de composant et sans prendre aucune autre mesure (comme par exemple des manœuvres de commutation). Si une protection contre des courts-circuits simultanés de plusieurs sorties est exigée, il convient qu'elle soit spécifiée séparément.

NOTE La capacité de tenue aux courts-circuits d'un convertisseur de puissance peut être obtenue par l'utilisation d'un dispositif électronique de protection associé. Le court-circuit peut être provoqué par un défaut de terre, simple ou multiple.

Pour les sorties de l'EE munies d'une protection «conditionnelle» aux courts-circuits, seul le fonctionnement des dispositifs de protection tels que fusibles, interrupteurs, verrouillage électronique, limitation électronique de courant, est admis.

Pour les sorties non protégées de l'EE, les défaillances internes du matériel à la suite d'un court-circuit sont tolérées, mais les exigences de 4.2 (protection des personnes) doivent être satisfaites.

Pour les essais, voir 9.4.6.3.

6.3.5 Immunité aux perturbations électromagnétiques

Ces exigences concernent l'immunité des interfaces de l'EE aux perturbations transitoires, hautes fréquences ou à la fréquence d'alimentation. Les exigences minimales sont spécifiées dans les normes citées en 6.3.

Pour les essais, voir 9.4.6.2.

(Voir Annexe A).

6.3.6 Réaction de l'EE (ou des EE) sur le réseau (émission)

6.3.6.1 Réaction sur le réseau d'alimentation

Ces exigences ne concernent que les émissions conduites basses fréquences.

(Voir A.6.3.6).

6.3.6.2 Emission de perturbations hautes fréquences

L'EE est susceptible d'émettre des perturbations conduites ou rayonnées aux fréquences radio. Elles doivent rester limitées aux valeurs données en 6.3 afin d'éviter toute interférence avec les autres équipements.

Pour les essais, voir 9.4.6.1.

(Voir A.6.3.6).

EE shall function satisfactorily with a supply variation of $\pm 20\%$ of nominal voltage.

Where d.c. is generated from three phase-uncontrolled rectifiers, the peak to peak ripple voltage superimposed on the d.c. output shall not exceed 15 % (see A.6.3.3).

6.3.4 Short-circuit withstand capability (immunity)

For EE output circuits which are designed as short-circuit-proof, the following applies: a short-circuit of any duration which occurs at rated operation at any EE output terminals shall not cause unacceptable heating or any damage to EE or its parts. After elimination of the short-circuit, the EE shall be again completely operable without replacing any components or without taking any other measures (for example switching operations). Where there is a requirement for several outputs to be simultaneously short-circuit-proof, this should be separately specified.

NOTE The short-circuit withstand capability of a power converter can be achieved in cooperation with electronic protective equipment. The short-circuit may occur owing to a single or multiple earth fault.

In the case of a short-circuit at the conditionally short-circuit-proof outputs of EE, only the prescribed protective devices, for example fuses, switches, electronic interlocks, or electronic current limiter shall respond.

In the case of a short-circuit at the non-short-circuit-proof outputs of EE some damage in the EE may occur, however, the requirements as given in 4.2 (damage to persons) shall be satisfied.

For testing, see 9.4.6.3.

6.3.5 Immunity from electromagnetic disturbance

These requirements apply to immunity of the EE interfaces to RF transients, high frequency, or power frequency disturbances. Minimum requirements are specified in the standards quoted in 6.3.

For testing, see 9.4.6.2.

(See Annex A).

6.3.6 Effects of EE(s) on the system (emission)

6.3.6.1 Reaction on the supply mains

These requirements refer to low frequency conducted emission.

(See A.6.3.6).

6.3.6.2 Emission of radio frequency disturbance

EE is likely to emit conducted or radiated radio frequency disturbance. These shall be kept limited as given in 6.3 in order to avoid interference with other equipment.

For testing, see 9.4.6.1.

(See A.6.3.6).

6.3.7 Caractéristiques assignées d'un équipement électronique de puissance

L'équipement électronique de puissance doit satisfaire aux caractéristiques assignées de fonctionnement, c'est-à-dire la tension, le courant et la puissance assignés de sortie lorsque la tension d'alimentation est à la valeur assignée (voir la CEI 61136-1).

7 Exigences constructives de l'équipement électronique

7.1 Conception et construction

Cet article contient les exigences de conception, de fabrication, d'assemblage et de montage de l'EE.

7.1.1 Généralités

Un certain nombre de facteurs doit être pris en considération dans la construction de l'EE afin d'assurer la fiabilité du fonctionnement et le maintien des performances spécifiées dans l'environnement opérationnel. Le maintien d'une qualité constante étant d'une importance particulière dans le choix des EE, l'article 7 souligne quelques critères qui doivent être mis en œuvre, de plus, il convient que le contenu de l'article A.7 soit pris en compte.

Ce sont les exigences de durée de vie et de fiabilité qu'il convient de prendre en compte lorsque le choix est laissé entre différentes techniques de construction, ou différents matériaux, ou différentes finitions, etc.

7.1.2 Qualité et fiabilité

Une bonne conception est essentielle pour atteindre la fiabilité requise pour l'EE. Cela implique l'utilisation de composants et de matériaux de la qualité requise, satisfaisant aux normes de produit correspondantes.

Dans ce contexte, l'assurance qualité est soumise aux dispositions des normes internationales de la série ISO 9000 (voir Annexe A).

7.1.3 Durée de vie

La durée de vie de l'EE ne doit être pas inférieure à cinq ans de fonctionnement dans le contexte de son application et de son environnement spécifié. Au moins durant cette période, le constructeur doit assurer au client un appui total dans les domaines suivants:

- service après vente;
- réparation et remplacement de composants;
- appui/mise à jour des logiciels et progiciels.

On doit prévoir une maintenance normale et des arrêts sur défauts, et on admet par ailleurs que certains modules ou composants consommables soient périodiquement réglés ou remplacés. Cependant, le constructeur doit spécifier la fréquence probable de ces réglages et de ces remplacements.

NOTE Cette période de cinq ans est basée sur une définition de la durée de vie sous certaines conditions. Si l'une au moins de ces conditions est négligée, il est donné une plus grande durée de fonctionnement de l'installation.

7.1.4 Isolation

L'isolation de l'EE doit être définie de façon à éviter toute dégradation préjudiciable au maintien de sa fonction en utilisation normale, dans son environnement spécifié et pendant sa durée de vie.

6.3.7 Rating of power electronic equipment

In the case of rated supply voltage, power electronic equipment shall comply with the rated operational data, i.e. rated output voltage, rated output current and rated output power (IEC 61136-1).

7 Requirements for electronic equipment

7.1 Design and construction

This clause contains requirements for the design, manufacturing and assembly of EE.

7.1.1 General

A number of factors must be considered in the design of the EE so that it performs reliably and as specified when it is installed in its operating environment. Of particular importance is constancy of quality of the selected EE. Clause 7 highlights some of the criteria which shall be implemented, in addition, the content of A.7 should be considered.

Where there is a choice between different constructional techniques or different materials, finishes, etc. the choice should be made on the required reliability and life considerations.

7.1.2 Quality and reliability

To achieve the high reliability required for EE, good design is essential, entailing the use of components and parts of the requisite quality which shall comply with the relevant product standards.

In this context, quality assurance is guided by international standards of ISO 9000 series. (See Annex A).

7.1.3 Working life

The EE shall be designed for a working life of no less than five years in the specified environment and application. At least during that time, the supplier shall ensure full support with regard to

- servicing;
- repair and replacement of components;
- support/updating of software and firmware.

Normal routine and breakdown shall be assumed and it is accepted that certain consumable components and modules may need periodical replacement or adjustment. However, the manufacturer shall state the expected frequency of such replacement or adjustment.

NOTE This period of five years is based on the restrictions in the definition of working life. If one or more of these restrictions are neglected, the operation of the installation is given for a longer period.

7.1.4 Insulation

The insulation within the EE shall be designed such that in normal use, within its working life in the specified environment, it will not degrade to the extent that the function of the EE is impaired.

L'isolation requise pour la protection des personnes contre les chocs électriques doit être conforme aux exigences de l'article 5.

Elle doit satisfaire, en outre, aux spécifications d'essais données en 9.4.5.1 à 9.4.5.3 lorsqu'elles sont applicables.

7.1.5 Choix et utilisation des composants

Des informations supplémentaires fournies dans l'Annexe A complètent les critères présentés dans le présent paragraphe pour le choix des composants de l'EE. Bien que les éléments donnés dans l'Annexe A ne soient pas obligatoires, sauf s'ils sont explicitement invoqués dans la spécification d'achat, il convient d'en tenir compte en même temps que des dispositions du présent paragraphe lors de l'application de la norme.

Pour les composants relatifs à la séparation de protection, voir aussi 5.2.8.3 et 5.2.14.3.

Tous les composants doivent être, autant que possible, conformes à leurs normes respectives, c'est-à-dire à la série CEI 60747, CEI 60748, etc.

7.1.5.1 Critères de sélection des composants

Les types de composants doivent être choisis pour assurer une grande fiabilité et stabilité du fonctionnement de l'EE.

Il convient que l'obtention des performances ne dépende pas du tri d'un paramètre particulier d'un composant.

Il est de la responsabilité du constructeur d'utiliser le plus possible des composants normalisés.

Lorsque des composants spéciaux sont utilisés, il convient qu'ils soient clairement identifiés, leur fiabilité spécifiée conformément à 7.1.2, et leur disponibilité garantie contractuellement.

Il est souhaitable d'examiner à la conception la disponibilité future des pièces et des composants. Il convient que leur approvisionnement multi-source soit, autant que possible, assuré.

7.1.5.2 Dangers provoqués par les composants

L'utilisation de composants pouvant être dangereux pour le personnel soit au cours du fonctionnement, soit en cas de défaut, ou pendant le transport doit être évitée. Dans les très rares cas où cela s'avérerait impossible, le fournisseur doit le signaler au client préalablement à l'achat ou à la fourniture de l'EE.

(Voir A.7.1.5.3 à A.7.1.5.9).

7.1.6 Mise sous tension, protection par fusible et utilisation

7.1.6.1 Risque d'incendie et protection contre le feu

La réduction du risque d'incendie, à la fois à l'intérieur de l'EE et sur le câblage extérieur, doit être un souci majeur pour le concepteur. Une protection conforme aux exigences de bon fonctionnement et de fiabilité doit être réalisée.

Tous les circuits doivent être conçus de telle sorte que les conséquences de la défaillance éventuelle d'un composant restent confinées le plus près possible de l'unité en défaut, par exemple dans une seule armoire, et ne provoquent aucun dégât de câblage d'interconnexion, de connexion ou de montage.

Insulation necessary for the protection of persons against electric shock shall comply with the requirements of clause 5.

Additionally, insulation shall meet the test requirements as given in 9.4.5.1 to 9.4.5.3 wherever applicable.

7.1.5 Component selection and use

The criteria presented in this subclause for the selection of components for EE are supplemented by additional information in Annex A. Whilst the material in Annex A is not obligatory unless specifically called up in the purchasing specification, it should be considered with this subclause when applying this standard.

For components relevant to protective separation see also 5.2.8.3 and 5.2.14.3.

Where applicable, all components shall be to the relevant standards i.e. series of IEC 60747, IEC 60748, etc.

7.1.5.1 Selection criteria for components

Component types shall be selected to ensure high reliability and stability of the EE.

The design should not depend on individual selection to obtain a specific value of a particular component.

It is the manufacturer's responsibility, to do his utmost to use standard components.

When non-standard components are used, they should be clearly indicated, their reliability specified in accordance with 7.1.2, and their availability guaranteed on a contractual basis.

The future availability of all components and parts should be established at the design stage. Where possible, components should be available from more than one source.

7.1.5.2 Hazards arising from components

Components which could be a hazard to personnel, either in use or under failure conditions, or which could be a hazard during disposal shall be avoided. In the very rare instances where this is not possible, the supplier shall draw attention to the possibility prior to EE purchase/delivery.

(See A.7.1.5.3 to A.7.1.5.9).

7.1.6 Power supply switching, fusing and usage

7.1.6.1 Fire protection and fire risk

The minimisation of fire risk, both within the EE and to cabling and wiring, shall be a major consideration. Protection consistent with reliability and operational requirements shall be provided.

All circuits shall be designed so that in the event of a component failure, no damage occurs to any interconnecting cabling, wiring or mounting, and that any other damage that does occur is confined as closely as possible to the fault unit, for example to a single cubicle.

Les composants doivent être choisis et utilisés de façon à rendre négligeable le risque d'incendie provoqué par leur défaillance ou leur probable mise en court-circuit. En cas d'impossibilité résultant des conditions même du défaut (liaison condensateurs et diodes zéner provoquant un court-circuit par exemple):

- une protection convenable doit être réalisée;
- le fournisseur doit attirer l'attention de l'acheteur sur ce danger.

(Voir Annexe A).

7.1.6.2 Comportement durant un défaut

Le constructeur doit fournir à l'installateur suffisamment d'informations sur le comportement du matériel dans les conditions de défaut les plus défavorables, pour lui permettre de choisir la section adéquate des conducteurs de liaison et de définir le réglage des protections de surcharge (voir 8.3.3 et 9.4.6.3).

Cela est particulièrement important si:

- un défaut de l'EE, fonctionnant selon ses spécifications, peut provoquer une surintensité du courant de sortie, entraînant un échauffement du conducteur de protection ou des autres équipements qu'il alimente;
- si le défaut de l'EE ne le déconnecte pas automatiquement de son circuit d'alimentation.

NOTE Les défaillances ou défauts peuvent être des courts-circuits à l'intérieur de l'EE, des mises à la masse, ou des courts-circuits aux bornes de sortie, des défaillances du circuit de contrôle, le blocage du moteur alimenté par la puissance.

(Voir A.7.1.6.3 à A.7.1.6.5).

7.1.7 Construction

7.1.7.1 Méthodes de montage d'un EE – généralités

La construction de l'EE doit tenir compte des exigences de résistance mécanique données en 6.2.

Les pièces mécaniques de montage en panier ou en tiroir doivent être conformes aux exigences de la CEI 60297-1.

7.1.7.2 Refroidissement

L'EE doit être suffisamment refroidi pour éviter les échauffements localisés.

On doit tenir compte de 6.1.1.1 pour la détermination des exigences de tenue en température des composants (voir Annexe A).

7.1.7.3 Protection mécanique des équipements et des sous-ensembles

Il doit être possible de déposer les équipements et les sous-ensembles débrochables en vue d'observation, comme par exemple les cartes en circuit imprimé, sans endommager leurs composants ou dispositifs de contrôle sur aucune de leurs faces. Des protections mécaniques doivent être installées si nécessaire.

NOTE Il convient de prendre des précautions pour éviter les dégâts que pourraient causer les décharges électrostatiques aux équipements et aux sous-ensembles, durant leur manipulation.

Les sous-ensembles des EE doivent disposer autour d'eux de suffisamment d'espace libre, pour éviter les chocs avec les produits adjacents au cours du montage, et une fois installés.

Components shall be chosen and used so that there is negligible risk of a fire being caused due to component failure or possible short-circuit. In instances where this is not possible as a result of fault conditions (for example coupling capacitors and zener diodes which give short-circuit conditions):

- suitable protection shall be provided;
- the supplier shall draw attention to this possibility.

(See Annex A).

7.1.6.2 Operation under fault conditions

The manufacturer shall provide sufficient information about the worst case fault conditions to enable the installer to select the correct cross-section of conductors and the required setting of overload protection devices (see 8.3.3 and 9.4.6.3).

The above is of particular importance when

- under intended use, a fault in the EE can cause the rated output current of the EE to be exceeded, resulting in thermal overload of the protective conductor or other equipment fed by the EE, and;
- when the EE fault does not automatically cause a disconnection to its supply.

NOTE Failures or faults may be short-circuits in the EE, or to exposed conductive parts, earth faults, or short-circuit in the output circuits, failure in the control circuits, or blocking of a motor fed by power EE.

(See A.7.1.6.3 to A.7.1.6.5).

7.1.7 Construction

7.1.7.1 EE mounting practice – general

The construction of EE shall take account of the requirements for mechanical strength as given in 6.2.

Where EE is mounted in sub-racks, the mechanical details shall comply with IEC 60297-1.

7.1.7.2 Cooling

EE shall be designed with sufficient cooling to prevent localized regions of high temperature.

When determining the temperature rating required of components, 6.1.1.1 shall be taken into account. (See Annex A).

7.1.7.3 Mechanical protection of equipment and sub-units

It shall be possible to lay equipment and plug-in sub-units, for example printed circuit boards, for the purpose of inspection on any of their faces without causing damage to any components or controls, etc. Where necessary, mechanical guards shall be fitted.

NOTE Care should be taken during handling to protect the equipment and sub-units from damage which could arise from static discharges.

Both during insertion and when in their working position, sub-units shall have adequate clearance between all adjacent items of EE so that no fouling occurs.

7.1.7.4 Installation des composants et de l'équipement

7.1.7.4.1 Dissipation de la chaleur aux conditions assignées

Les composants dissipant une quantité significative de chaleur durant leur fonctionnement, doivent être montés avec un espace libre suffisant avec le support de montage, et autour avec les autres composants, particulièrement si une élévation de la température inutile affecte la durée de vie ou la stabilité des caractéristiques de ces derniers; la chaleur dégagée par les pièces voisines doit être prise en compte.

7.1.7.4.2 Dissipation de la chaleur lors d'un défaut

L'installation doit être conçue de telle façon que les risques de propagation du feu soient minimisés.

7.1.7.5 Température des parties accessibles

Les valeurs limites de température données dans le Tableau 8 concernant les protections accessibles (à longueur de bras) et les organes de commande ne doivent pas être dépassées dans les conditions normales de fonctionnement, et à la température ambiante maximale.

La protection contre les contacts directs telle qu'elle est spécifiée en 5.2.2, les lignes de fuite, les distances d'isolement, les épaisseurs d'isolant définis en 5.2.14 et 5.2.15, ne doivent pas être affectées par la température atteinte durant le fonctionnement normal.

Pour les essais, voir 9.4.2.1.

Tableau 8 – Températures des parties accessibles

Parties accessibles	Matériau des parties accessibles	Températures limites °C
Caches et protections à portée de bras	Métalliques	70
	Isolants	80
Organes de commandes manuelles (manipulateurs, boutons poussoirs)	Métalliques	55
	Isolants	65
NOTE Une étiquette doit signaler si la température atteinte en fonctionnement est supérieure aux limites du Tableau 8.		

7.1.7.6 Fixation (montage mécanique des composants et des sous-ensembles)

Tous les composants de l'EE doivent être montés de façon à pouvoir subir sans dommages pour leurs fixations ou leurs liaisons électriques les essais spécifiés en 9.4.3.1 et 9.4.3.2.

Les liaisons vissées doivent être bloquées pour éviter tout desserrage accidentel au moyen par exemple, de rondelles auto-bloquantes ou éventails.

(Voir A.7.1.7.7).

7.1.8 Liaisons électriques

La fiabilité espérée de l'EE, durant sa durée de vie, ne doit pas être réduite par une réalisation défectueuse des liaisons et des connexions électriques. On doit tenir compte des contraintes normales survenant pendant le service, comme par exemple, la corrosion, les chocs mécaniques, les échauffements et les fuites. (Pour les ambiances agressives, voir A.6.1.3.)

7.1.7.4 Layout of components and equipment

7.1.7.4.1 Heat dissipation in normal operation

Components generating a significant amount of heat shall be adequately spaced both from their mounting board and from other components, particularly those whose life might be shortened or stability impaired by being operated at a temperature higher than necessary. Heat from neighbouring parts shall be taken into account.

7.1.7.4.2 Heat dissipation under fault conditions

The design/layout shall be such that under fault conditions the spread of fire will be minimized.

7.1.7.5 Temperature of accessible parts

The temperature limit values given in Table 8 for covers within arm's reach and for actuating elements shall not be exceeded during normal operation and at the highest permissible ambient temperature.

Protection against direct contact as required by 5.2.2, creepage distances, clearances and distances through insulation as specified in 5.2.14 and 5.2.15 shall not be impaired due to the heat occurring in normal operation.

For testing see 9.4.2.1.

Table 8 – Heating of accessible parts

Accessible parts	Material of accessible surfaces	Temperature limits °C
Covers within arm's reach	Metal	70
	Insulating material	80
Hand operated devices (knobs, switches)	Metal	55
	Insulating material	65
NOTE A warning label is required if the temperature during operation becomes higher than the values given above.		

7.1.7.6 Fixing (mechanical retention of components and sub-units)

All components shall be mounted in EE in such a manner that neither they nor their fixings or connections are affected as a result of the EE being subjected to the tests specified in 9.4.3.1 and 9.4.3.2.

Screwed connections shall be locked against unintentional loosening for example by lock-washers, spring-washers.

(See A.7.1.7.7).

7.1.8 Electrical connections

The design of electrical terminations and connection points shall be such that the expected reliability will be maintained during the service life of the EE. Allowance shall be made for the conditions normally encountered in service, for example corrosion, shocks, heat and creep. (For corrosive atmospheres, see A.6.1.3).

La réalisation des liaisons, suivant les dispositions de 4.5, 7.1.8 et A.7.1.8 si elles sont applicables, doivent être contrôlées par inspection visuelle (voir Annexe A).

7.1.9 Connecteurs multiples et dispositifs enfichables

Afin d'éviter toute détérioration possible du matériel ou toute mise en danger du personnel, les dispositifs qui peuvent être branchés ou débranchés pendant le fonctionnement normal, c'est-à-dire avec des conducteurs sous tension, ne doivent pas pouvoir être inversés ou permutés. La liaison d'un conducteur de protection doit être coupée après celle des conducteurs sous tension. Elle doit être établie avant la connexion des conducteurs actifs (voir Annexe A).

7.1.10 Câblage

Les conducteurs doivent au moins être déterminés conformément à la CEI 60364-5-52. Pour le choix et la protection des conducteurs internes et de raccordement de l'EE, se reporter également à 8.3.3.

7.1.10.1 Fils et câbles de liaison

Les fils et câbles reliant entre eux composants, sous-ensembles et équipements doivent satisfaire aux exigences électriques, mécaniques et d'environnement de cette norme. De plus, les caractéristiques constructives et les sections des câbles doivent être adaptées aux dispositifs de liaison utilisés.

Le câblage par conducteurs souples imprimés est autorisé à l'intérieur des sous-ensembles. Toutefois, aucun composant, hormis les connecteurs, ne doit être monté sur ces conducteurs.

7.1.10.2 Câblage conventionnel interne aux EE

Le type de câble utilisé, ainsi que celui de son isolant, doit être adapté à la méthode de raccordement des borniers. Il est préférable d'utiliser des embouts sertis sur les conducteurs multi-brins. Pour les conducteurs internes isolés au PVC, voir la CEI 60227 (voir Annexe A).

7.1.11 Conducteur de référence, mise à la terre fonctionnelle

Aucun mode de fonctionnement ne doit provoquer de coupure du conducteur de protection (voir A.7.1.12).

7.2 Marquage, identification, documentation

La conformité du marquage, de la signalisation, des manuels d'utilisation et de la documentation doit être vérifiée par inspection visuelle pendant les essais.

7.2.1 Marquage

Le constructeur doit munir les équipements, sous-ensembles et parties embrochables de l'EE des indications permanentes suivantes:

- a) nom ou marque d'origine du constructeur ou du fournisseur;
- b) désignation du type.

Les indications suivantes, quand elles s'appliquent, doivent être marquées sur l'EE ou sur des pièces de l'EE:

- la tension d'alimentation, le type et la valeur de la tension et de la fréquence;
- sur les EE de classe de protection II: le symbole N° 5172  de la CEI 60417-1 (voir 5.2.12);

The establishment of electrical connections according to 4.5, 7.1.8 and A.7.1.8, if applicable shall be verified by visual inspection. (See Annex A).

7.1.9 Multiple connectors and plug-and-socket devices

It shall not be possible to interchange or reverse the polarity, thereby causing hazard to equipment or personnel, of devices which may be connected or disconnected in normal use, that is when live or conducting. Where a protective conductor connection is required, it shall not separate before all the live conductors are disconnected, and the live conductors shall not connect before the protective conductors. (See Annex A).

7.1.10 Electrical conductors

The conductors shall at least be designed according to IEC 60364-5-52. See also 8.3.3 for the design and protection of conductors to and in EE.

7.1.10.1 Wires and cables for interconnection

Wires and cables for connections between components, sub-assemblies and equipments shall comply with the electrical, mechanical and environmental requirements of this standard. Furthermore, the construction of the wires and cables and their cross-sections shall be suited to the particular connection method used.

Etched flexible printed wiring may also be used within sub-assemblies. However such wiring shall not carry components other than connectors.

7.1.10.2 Conventional wiring within EE

The type of wire used including its insulation shall be chosen so that it is suitable for the conditions of operation and the method of termination. Crimped connections are preferred for multi-stranded conductors. For internal PVC-insulated conductors, see IEC 60227. (See Annex A).

7.1.11 Reference conductor, functional earthing

The protective conductor on the EE shall not be opened during any condition of operation. (See A.7.1.12).

7.2 Marking, identification, documentation

Compliance with the requirements for marking, inscriptions, operating manuals and documentation shall be verified by visual inspection during testing.

7.2.1 Marking

Equipment, sub-units and plug-in parts of EE shall be provided by the manufacturer with the following durable indications:

- a) name or mark of origin of the manufacturer or the supplier;
- b) unique type designation.

Where applicable, the following shall be marked on the EE or on parts of the EE:

- supply voltage, type of voltage and frequency;
- on EE of protective class II: the symbol No. 5172  of IEC 60417-1 (see 5.2.12);

- lorsque sa forme ou sa position ne permet pas l'identification du conducteur de protection, il doit être coloré en vert et jaune (voir aussi 5.2.9.8);
- la nécessité de mettre le neutre du réseau d'alimentation à la terre; en particulier lorsque la définition de la tension déterminante, ou de la tension d'isolement assignée suppose la mise à la terre de l'alimentation (voir 5.2.13, 5.2.16.2, 5.2.17);
- le symbole N° 5019  de la CEI 60417-1 ou les lettres PE, ou la coloration vert-jaune sur les points de connexion du conducteur de protection (voir 5.2.10);
- le numéro ou les références des modifications de l'EE effectuées par le constructeur durant la mise en service, en particulier celles concernant la sécurité du personnel;
- les sorties protégées contre les courts-circuits (voir 6.3.4);
- une signalisation avertissant du danger si des condensateurs restent chargés plus de 5 s après la coupure de l'alimentation (voir 5.2.5);
- les bornes d'entrée conformément aux indications du schéma (voir 7.2.2);
- une signalisation indiquant le type B en cas d'utilisation d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ou une autre mesure de protection si cela est exigé par 5.2.11.2 et/ou 5.3.2.3;
- une signalisation des dispositions particulières concernant le magasinage ou la manutention (voir A.7.1.5.5 et A.7.1.5.7).

7.2.2 Repérage des équipements, des sous-ensembles et de leur position et des bornes

7.2.2.1 Repérage des équipements

Il convient que l'étiquetage dans les EE suive les principes ergonomiques, c'est-à-dire que les étiquettes de repérage, les plaques signalétiques, les indications de contrôle, les points de test, les fusibles, etc. soient placés de façon judicieuse et regroupés de manière logique, afin d'en faciliter la recherche et de permettre une identification correcte et sans ambiguïté.

7.2.2.2 Repérage des sous-ensembles et de leur position

Chaque emplacement de montage doit être repéré par l'indication du sous-ensemble qui lui est attribué. Si cela se révèle peu pratique, un plan schématique indiquant les emplacements des sous-ensembles doit être fixé de façon apparente.

Les sous-ensembles personnalisés par le constructeur durant la mise en service doivent être identifiés, en particulier quand il s'agit de problèmes liés à la sécurité du personnel.

7.2.2.3 Repérage des borniers

Chaque bornier doit être repéré clairement et sans ambiguïté par une indication adéquate placée dessus ou à côté. Les bornes individuelles des connecteurs doivent être identifiées sans ambiguïté.

Le repérage des connexions d'entrée des conducteurs extérieurs à l'EE doit être conforme aux indications particulières du schéma correspondant. Les borniers du conducteur de protection doivent être repérés conformément à 5.2.10 (voir A.7.2.2).

- where it is not possible to identify the protective conductor by its shape or position, it shall be coloured green-yellow (see also 5.2.9.8);
- the need to earth the supply neutral, particularly when an earthed supply system has been assumed, when determining the decisive voltage or rated insulation voltage. (See 5.2.13, 5.2.16.2, 5.2.17);
- the connection point for the protective conductor with the symbol No. 5019  of IEC 60417-1 or with letters PE or with colours green/yellow (see 5.2.10);
- modification of the EE made by the manufacturer during the commissioning, particularly in safety related applications with modification number or reference;
- short-circuit-proof outputs (see 6.3.4);
- a warning sign, if the capacitors are not discharged within 5 s after switching-off (see 5.2.5);
- connecting points for incoming conductors according to the specifications given in the respective diagrams (see 7.2.2);
- a design notice pointing to type B in case of use of RCD or to another protective measure if required according to 5.2.11.2 and/or 5.3.2.3;
- precautionary warning concerning special requirements for storage or handling (see A.7.1.5.5 and A.7.1.5.7).

7.2.2 Identification of equipment, sub-units, position and terminals

7.2.2.1 Equipment identification

Labelling on EE should be in accordance with good ergonomic principles so that warning notices, controls, indications, test facilities, fuses, etc., are sensibly placed and logically grouped to facilitate correct and unambiguous identification.

7.2.2.2 Sub-unit and position identification

Each mounting position shall be marked to indicate the sub-unit to be located in that position. Where this is not practicable, a diagrammatic label shall show the mounting position and be fixed in an appropriate position.

Sub-units which have been individualized by the manufacturer during the commissioning shall be marked, particularly in safety related applications.

7.2.2.3 Terminal identification

Each terminal shall be clearly and unambiguously identified by suitable marking which is on or adjacent to it. Individual terminals within a connector shall be unambiguously identifiable.

Markings for the connection points for conductors led in from outside the EE shall agree with the particulars on the relevant drawings. Protective conductor terminals shall be marked according to 5.2.10 (See A.7.2.2).

7.2.3 Documentation

7.2.3.1 Généralités

Sauf accords particuliers, la documentation fournie doit couvrir chacune des fonctionnalités contractuelles de l'EE, afin qu'il soit clairement identifié, que son fonctionnement puisse être correctement assimilé, que son montage, sa mise en route, son utilisation, son contrôle, son réglage, son entretien périodique par l'utilisateur, son démontage et sa mise au rebut puissent être réalisés correctement et en toute sécurité.

Il convient que la documentation fournie ne s'applique qu'à l'équipement livré. Il est souhaitable qu'elle ne comporte pas d'information superflue ou non pertinente (c'est-à-dire concernant des variantes non fournies dans le contrat). Si cela n'est pas possible, il convient que les informations utiles soient clairement identifiées par un moyen approprié.

La documentation doit être rédigée dans la langue convenue contractuellement, entre le client et le fournisseur. Si la langue n'a pas été spécifiée, l'une des langues officielles du CENELEC doit être utilisée.

La documentation doit comprendre les détails de chaque personnalisation.

Une liste des pièces de rechanges et de l'outillage spécial doit être fournie.

Pour la documentation du logiciel, du microprogramme et de la logique programmable, voir A.7.2.3.5.

7.2.3.2 Documentation d'exploitation

Le manuel d'utilisation doit inclure les précautions liées aux dangers éventuels, telles que les procédures de manutention, de stockage, les informations sur les risques d'implosion, d'explosion et leurs conséquences dangereuses, les informations sur les dangers difficilement prévisibles (même par une équipe d'experts).

Autant que possible les documents d'exploitation doivent comporter les instructions d'utilisation, le schéma des circuits et les informations similaires, par exemple:

- toutes les informations nécessaires à la sécurité du fonctionnement et à la maintenance normale de l'EE (conformément à 5.2.7, 5.3.1.3, 5.3.1.4 par exemple);
- l'obligation de mise à la terre du neutre d'un circuit (voir 5.2.13, 5.2.16.2, 5.2.17);
- dans les circuits dotés d'une séparation de protection, les connexions extérieures que l'on peut toucher sans danger (voir 5.2.8);
- l'obligation d'une liaison permanente si le courant de fuite est supérieur à 3,5 mA c.a. et à 10 mA c.c. (voir 5.2.11.1);
- le bruit acoustique émis supérieur à 70 dB;
- le type de conditions climatiques conformément au Tableau 7;
- une signalisation indiquant le type B en cas d'utilisation d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ou une autre mesure de protection si cela est requis conformément à 5.2.11.2 et/ou à 5.3.2.3;
- les circuits avec une isolation électrique spécifique (5.2.8 et Figure 16 c));
- les dispositifs de protection par surintensité nécessités par la mise en place des écrans de protection (voir 5.2.18.3);
- les séparations de protection existantes vis-à-vis des autres circuits (voir 5.2.18);
- si nécessaire, une information sur la circulation de courant ininterrompue dans l'EE en cas de défaut selon 7.1.6.2.

7.2.3 Documentation

7.2.3.1 General

Unless specifically agreed, documentation shall be supplied to cover each item of EE on a contract, so that EE can be identified properly and safely understood, installed, commissioned, operated, checked, calibrated, maintained, periodically serviced by the user, dismantled and disposed of.

Documentation should relate to the actual equipment supplied. It should not include any irrelevant/superfluous information (for example relating to variants not supplied on the contract). Where this is not practicable, relevant information should be clearly differentiated from the irrelevant by some convenient method.

The documentation shall be in a language agreed between customer and supplier. If no language is specified, an official CENELEC language shall be used.

The documentation shall include details of any individualization.

A list of spare parts and a list of special tools shall be provided.

For documentation of software, firmware and programmable logic see A.7.2.3.5.

7.2.3.2 Operating documents

The instruction manual shall include information relating to any hazardous materials, such as handling and disposal procedures, and any implosion, explosion and associated risks, where unexpected danger (even to expert staff) could result.

As far as it is applicable, the following shall be indicated in the operating documents, for example, instructions for use, circuit diagrams, etc.:

- all information necessary for the safety and normal operation and maintenance of EE (for example according to 5.2.7, 5.3.1.3, 5.3.1.4);
- necessity of earthing for the neutral conductor of a circuit (see 5.2.13, 5.2.16.2, 5.2.17);
- external connections of circuits with protective separation which are not dangerous to be touched (see 5.2.8);
- necessity of fixed connection if leakage current exceeds 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. (see 5.2.11.1);
- acoustic noise generation above 70 dB;
- type of climatic conditions according to Table 7;
- a design notice pointing to type B in case of use of RCD or to another protective measure if required according to 5.2.11.2 and/or 5.3.2.3;
- circuits with explicitly specified electrical isolation (5.2.8 and Figure 16 c);
- overcurrent protection devices required for protective screening (see 5.2.18.3);
- existing protective separation with respect to other circuits (see 5.2.18);
- if necessary, information on the continuously flowing current in the EE in case of a fault according to 7.1.6.2.

7.2.3.3 Instructions pour le transport, la maintenance, la recherche de défauts et la réparation

7.2.3.3.1 Instructions pour le transport

Les instructions pour le transport doivent être prévues si cela est nécessaire.

7.2.3.3.2 Instructions de maintenance

Les procédures de maintenance doivent être décrites. Les critères de maintenance préventifs et/ou les fréquences appropriées pour les interventions correspondantes doivent être indiqués.

7.2.3.3.3 Instructions pour la recherche de défauts et la réparation

Les instructions de dépannage et de réparation doivent être fournies dans la mesure où elles sont utiles pour le personnel d'exploitation et d'entretien.

7.2.3.4 Enregistrement des résultats d'essais

Le dossier des résultats des essais finaux de série et de mise en route doit être mis à disposition. Une liste des résultats des essais de type doit être conservée par le fournisseur.

7.2.4 Plans et schémas

Les schémas d'équipement et les plans d'installation doivent être inclus dans la documentation, à l'endroit le plus adéquat, pour satisfaire aux exigences de 7.2.3.1 ou 7.2.3.2.

Tous les plans et toutes les listes de composants associés doivent comporter un numéro de plan approprié, un numéro d'édition, un titre, et les détails des modifications.

(Voir A.7.2.4 et A.7.3).

8 Exigences pour l'intégration des EE

8.1 Généralités

Les prescriptions de l'article 8 concernent les précautions à prendre pour le montage, et l'intégration de l'EE dans les installations de puissance, et ses interactions avec les autres équipements.

Voir en 9.4.7 les prescriptions relatives aux essais fonctionnels de l'EE (ou des EE) monté(s) dans l'installation (essais de vérification des performances).

8.2 Tolérances de montage après assemblage

Les distances d'isolement et lignes de fuite doivent, une fois l'EE monté et raccordé suivant ses spécifications, rester supérieures aux valeurs stipulées en 5.2.16 et 5.2.17.

8.3 Réseau d'alimentation

8.3.1 Surveillance de l'isolation

Un dispositif de surveillance de l'état de l'isolation est requis pour les alimentations isolées de la terre, afin d'alerter lorsque la résistance d'isolement devient inférieure à une valeur minimale. Cette surveillance doit comprendre le réseau d'alimentation, tous les EE qui y sont reliés sans séparation galvanique, et les charges reliées aux EE.

7.2.3.3 Instructions for transport, maintenance, fault finding, repair

7.2.3.3.1 Instructions for transport

Instructions for transport shall be prepared as far as necessary.

7.2.3.3.2 Instructions for maintenance

Maintenance procedures shall be described. Criteria for preventive maintenance and/or relevant maintenance intervals shall be given.

7.2.3.3.3 Instructions for fault finding and repair

Instructions for fault finding and repair shall be given to the extent that is relevant for operation and maintenance personnel.

7.2.3.4 Test records

Records of final routine and commissioning tests shall be provided. A list of type test records shall be kept available by the supplier.

7.2.4 Drawings and diagrams

Equipment drawings and installation drawings shall be included in the documentation where they are necessary to meet the requirements of 7.2.3.1 or 7.2.3.2.

All drawings and associated component lists shall bear an appropriate drawing number, issue number, title and modification details.

(See A.7.2.4 and A.7.3).

8 Requirements for the assembly of EE(s)

8.1 General

Clause 8 is concerned with the assembly of EE(s) into public, commercial and industrial locations, and with its interaction and integration with other equipment in those locations.

For functional test of EE(s) in installations see 9.4.7.

8.2 Fitting tolerances after assembly

EE shall be installed so that when assembled and connected as stipulated, the clearances and creepage distances do not fall below those according to 5.2.16 and 5.2.17.

8.3 Supply mains

8.3.1 Monitoring of insulation

A monitoring device applied for checking the condition of insulation on an unearthed supply is required to indicate when the insulation resistance falls below a minimum value. The insulation monitoring shall include the supply mains, all EE(s) connected without electrical separation to the supply and the loads connected to EE(s).

NOTE Un dispositif de surveillance de l'isolation utilisant une tension continue superposée pour son fonctionnement peut être rendu inefficace par la composante continue du courant de défaut, lors d'une mise à la terre de la sortie de l'équipement de puissance.

8.3.2 Mise à la terre fonctionnelle

On doit s'assurer lors de la mise à la terre fonctionnelle d'un conducteur de référence du contrôle que le circuit reste exempt de perturbations électriques.

Les bornes du conducteur de protection de l'EE peuvent être utilisées pour une mise à la terre fonctionnelle, mais cela ne doit en aucun cas porter atteinte au fonctionnement des dispositifs de protection, à la sécurité du personnel ou à celle de l'installation.

NOTE Les terres pouvant convenir à la mise à la terre fonctionnelle sont par exemple:

- la terre de protection;
- une terre séparée spécialement affectée à cet usage;
- les conducteurs de terre des immeubles, s'ils ne sont pas reliés au circuit de protection contre la foudre.

8.3.3 Conception et protection des conducteurs extérieurs et intérieurs à l'EE

Cependant dans tous les cas, on doit réaliser les contrôles appropriés de la résistance de terre, les essais de tension d'isolement et de conductivité (ou fournir la preuve de leur réalisation) pour vérifier que ces connexions sont satisfaisantes.

8.3.3.1 Conducteurs de puissance à l'entrée de l'EE

Les conducteurs de puissance à l'entrée doivent être dimensionnés pour supporter le courant assigné correspondant. Si la charge est cyclique, on doit appliquer des charges types suivant la CEI 61136-1. Les conducteurs doivent être protégés contre les surcharges et les courts-circuits (voir la CEI 60364-4-43).

La protection des semi-conducteurs contre les surcharges au moyen de fusibles est admise:

- si les conducteurs et les fusibles de protection des semi-conducteurs sont conçus pour le courant assigné de l'EE, et;
- si les fusibles sont du type à élément de remplacement avec pouvoir de coupure sur toute la plage (catégorie de coupure g conformément à 5.7.1 de la CEI 60269-1) et;
- si l'EE considéré est la seule charge connectée.

La protection contre les surcharges peut être constituée par un dispositif de blocage électronique automatique.

Il n'est pas nécessaire de prévoir une protection particulière de surcharge pour les conducteurs situés entre le transformateur, ou entre les réactances de commutation, et le convertisseur.

Le dispositif de protection contre les courts-circuits doit être placé du côté de l'alimentation de l'EE.

Si les conducteurs entre le transformateur, ou entre les réactances de commutation, et le convertisseur sont intrinsèquement protégés contre les courts-circuits et contre une mise à la terre, et qu'ils sont suffisamment éloignés des matériaux inflammables, il n'est pas nécessaire de prévoir une protection spéciale contre les courts-circuits.

Les conducteurs sont considérés comme étant intrinsèquement protégés contre les courts-circuits, et contre une mise à la terre s'ils disposent d'une isolation double ou renforcée entre les âmes des conducteurs, entre l'âme et la masse et entre l'âme et toute autre partie conductrice (voir Annexe A).

NOTE Insulation monitoring devices using superimposed d.c. voltage can be made inoperative by an extraneous d.c. voltage originating from an earth fault occurring at the output of power electronic equipment.

8.3.2 Functional earthing

Where a reference conductor is electrically connected to the functional earth, care shall be taken to ensure that the reference conductive circuit remains free of electrical disturbances.

The protective conductor terminal of EE may be used for functional earthing, but under no circumstances shall such action impair the protective measures and safety of personnel and the installation.

NOTE Possible suitable earths are, for example:

- the protective earth;
- the earth specially laid for functional earthing;
- earthed conductors in buildings, except where this is the lightning conductor.

8.3.3 Design and protection of conductors to and in EE

In all cases however, appropriate earth resistance checks, insulation voltage and conductivity tests shall be performed (or evidence of such testing provided) to check that such connections are satisfactory.

8.3.3.1 Power input conductors to EE

The line-side conductors of EE shall be designed for the rated input current. In case of alternating load, the load duty types according to IEC 61136-1 shall be applied. The conductors shall be protected in case of overload or short-circuit (see IEC 60364-4-43).

Fuses for the protection of semiconductors are acceptable for protection in case of overload provided that:

- the conductors and the fuses for the protection of semiconductors are designed for the rated current of the EE, and;
- the fuses are full-range breaking-capacity fuse-links (breaking range g according to 5.7.1 of IEC 60269-1), and;
- the particular EE is the only load connected to these conductors.

An automatic electronic blocking device is acceptable for overload protection.

No particular overload protective device is necessary for the conductors between a convertor transformer or commutating reactors and the convertor equipment.

The protective device for protection in case of short-circuit shall be arranged at the line side connection of the branch to the EE.

Provided that the conductors between a convertor transformer or commutating reactor and convertor equipment, are laid in a short-circuit-proof and earth-fault-proof manner and they are not close to inflammable materials, specific protection against short-circuit is not required.

The laying of conductors is regarded to be short-circuit-proof and earth-fault-proof when they have double or reinforced insulation between the cores and between core and exposed conductive parts as well as extraneous conductive parts. (See Annex A).

8.3.3.2 Liaisons entre constituants séparés

Les liaisons entre des constituants montés séparément d'un EE de puissance (convertisseur et selfs de lissage, redresseur, onduleur et filtre) doivent être réalisées conformément aux instructions du constructeur de l'EE. Il n'est pas utile de prévoir une protection spéciale contre les courts-circuits ou contre les surcharges pour ces conducteurs.

8.3.3.3 Liaisons du côté de la charge

Les conducteurs reliant un EE de puissance à sa charge (un moteur par exemple) doivent normalement être dimensionnés pour le courant assigné de sortie de l'EE. Si la charge n'est pas uniforme, on doit se reporter aux cycles de charge donnés par la CEI 61136-1.

Les conducteurs doivent être protégés contre les courts-circuits.

Un dispositif de protection contre les surcharges doit être installé (voir 7.1.6.2.) si les conducteurs ne sont pas dimensionnés pour le courant de défaut spécifié par le constructeur (voir aussi A.8.3.3.1).

Les fusibles ou les disjoncteurs de protection des semi-conducteurs, utilisés pour la protection contre les surcharges ou les courts-circuits côté charge de l'EE sont admis. Toutefois, si la protection ne concerne que la surcharge, on acceptera d'utiliser les fusibles du type à élément de remplacement avec pouvoir de coupure sur toute la plage (catégorie de coupure g conformément à 5.7.1 de la CEI 60269-1).

La protection contre la surcharge et/ou le court-circuit peut être constituée par un dispositif adéquat de blocage électronique automatique.

NOTE Compte tenu du type de fonctionnement de l'EE, les dispositifs de protection placés du côté de l'alimentation ne sont pas adaptés à la protection contre les surcharges ou les courts-circuits du côté de la charge.

Les dispositions ci-dessus s'appliquent aussi aux conducteurs communs dans le cas où un EE de puissance alimente plusieurs charges (par exemple alimentation sans interruption, alimentation commune à plusieurs entraînements). Les conducteurs reliant les charges individuelles aux conducteurs communs doivent être dimensionnés pour supporter leur courant assigné et doivent posséder leur propre protection contre les surcharges et les courts-circuits.

8.3.3.4 Conducteurs de protection

La section du conducteur de protection doit être dimensionnée en rapport avec celle des conducteurs de ligne conformément à la CEI 60364-5-54.

Toutefois, cette section doit être dimensionnée au moins pour le courant de défaut permanent si le constructeur de l'EE a prévu que des courants de défauts circulent de façon permanente (voir 7.1.6.2) dans le conducteur de protection de l'EE, ou dans le conducteur de protection de la charge, et si des dispositifs de protection contre les surcharges ne sont pas fournis par l'installateur.

Le dimensionnement du dispositif de protection des conducteurs de phase doit tenir compte du fait que le courant circulant dans le conducteur de protection peut, en cas de défaut, être supérieur au courant circulant dans le conducteur de phase. On doit être particulièrement attentif à toutes les instructions émanant du constructeur et concernant ces conditions de défaut.

8.3.3.2 Conductors between separated parts of an EE

Conductors which form the interconnection between separately mounted parts of a power EE (for example convertor and smoothing reactor; rectifier, inverter and filter) shall be selected according to the instructions of the manufacturer of the EE. Specific protection for overload or short-circuit is not necessary for these conductors.

8.3.3.3 Conductors on the load side of EE

Conductors connecting a power EE to a load fed by this EE (for example a motor) are normally sized for the rated output current of the EE. In case of non-uniform load, it is necessary to consider the load duty cycle of the EE in accordance with IEC 61136-1.

The conductors shall have short-circuit protection facilities.

When the conductors are not rated for the fault current as specified by the manufacturer of the EE (see 7.1.6.2), overload protection shall be provided (see also A.8.3.3.1).

Fuses or circuit breakers for protection of semiconductors, to be effective on the load side of the EE are acceptable for protection in the event of overload or short-circuit. However, for overload protection only, full-range breaking-capacity fuse-links (breaking range g in accordance with 5.7.1 of IEC 60269-1) are acceptable.

A suitable automatic electronic blocking device is also acceptable for protection in the event of overload and/or short-circuit.

NOTE Protection devices arranged on the supply side of EE may not be suitable for protection in case of overload or short-circuit on its load side because of the type of operation of the EE.

The above listed paragraphs apply also to the rating and protection of the common conductors, when a power EE feeds several loads (for example uninterruptible power supplies, group drives). The branch conductors to the individual loads shall be rated according to their rated load currents. The branch conductors shall have protection against overload and short-circuit.

8.3.3.4 Protective conductors

The cross-section of protective conductors shall be designed to the corresponding phase conductors in accordance with IEC 60364-5-54.

When, however, the manufacturer of EE has specified fault currents which can flow continuously (see 7.1.6.2) through the protective conductor of the EE, or through the protective conductor of the equipment fed by the particular EE and where overload protective devices are not provided by the installer, then the protective conductors shall be rated at least for this continuous current.

The design of the protective device for a phase conductor shall take into account that the current in the protective conductor may become higher than the current in the phase conductor under fault conditions. Attention shall be paid to any instructions from the manufacturer concerning this fault condition.

9 Essais

Les essais définis dans cet article ont pour but d'apporter la preuve que l'EE respecte totalement les exigences spécifiées dans cette norme.

9.1 Généralités

Les dispositions de ce paragraphe décrivent les procédures d'essai de l'EE. Elles concernent:

- les essais de type;
- les essais individuels (de série);
- les essais par échantillonnage;
- les essais sur site;
- les essais individuels associés en séquence pour constituer les essais ci-dessus.

Les essais détaillés dans cet article sont les essais principaux, ils peuvent être complétés, si nécessaire, par des essais supplémentaires après accord entre le constructeur et l'utilisateur (essais de recette). Des exemples de ces essais sont donnés à l'article A.9. Les conditions d'essai doivent être conformes à celles stipulées dans la norme CEI pertinente, à moins qu'elles n'aient été définies différemment dans la présente norme.

Sauf accord particulier, les essais doivent être conduits conformément aux exigences des normes de la série ISO 9000 et à celles des normes de base applicables des séries CEI 60068-2 et CEI 61000-4.

La consignation des résultats des essais, en présence ou non du client, doit être conduite conformément aux exigences des normes de la série ISO 9000.

Les travaux nécessités par une défaillance lors de l'essai d'un EE, ainsi que les essais qui doivent être recommencés, doivent être réalisés conformément aux exigences des normes de la série ISO 9000.

Le constructeur et/ou l'organisme chargé des essais doit s'assurer que les valeurs d'essai ou d'environnement spécifiées sont bien respectées, compte tenu des tolérances et des imprécisions de mesure. Cette tâche doit être exécutée par le constructeur ou par l'organisme en accord avec le client.

9.1.1 Essais et méthodes d'essai

9.1.1.1 Essais de type

Les essais de type ont pour objet de vérifier la conformité de l'exécution aux données de la conception pour une réalisation particulière d'un EE. Les essais doivent vérifier que les spécifications de la conception ont bien été respectées. Sauf s'il en a été convenu autrement, les essais de type peuvent être conduits dans l'ordre le plus approprié. L'essai de type peut être réalisé sur un exemplaire de présérie ou sur différents exemplaires du même type.

Sauf accord particulier, on doit soumettre à l'essai de type tous les EE qui ont échoué à leur précédent essai de type ou tous ceux qui ont subi des modifications pouvant influencer leurs performances.

Si certains paramètres de l'EE sont modifiés, l'essai (ou les essais) dont le résultat pourrait être changé par cette modification doit être recommencé. Un EE construit en un exemplaire unique doit être soumis lui aussi à un essai de type.

9 Testing

Testing as defined in this clause, is required to demonstrate that EE is fully in accordance with its requirements as specified in this standard.

9.1 General

The subclauses within this subclause describe the procedures to be adopted for the testing of EE. They describe

- type tests;
- routine tests;
- sample tests;
- site tests;
- individual tests which when combined in a sequence, form the above tests.

The tests detailed in this clause are basic and may be supplemented where necessary by additional tests agreed upon between manufacturer and user (for example acceptance test). Examples of these tests are given in A.9. The test conditions shall be as stated in the appropriate IEC standard unless otherwise stated in this standard.

Unless otherwise agreed, testing shall be performed in accordance with the standards of the ISO 9000 series and the applicable basic standards for example from the IEC 60068-2 series and IEC 61000-4 or corresponding IEC documents.

Witnessing and recording of the tests shall be carried out in accordance with the ISO 9000 series.

Actions required in the event of failure of EE during testing and requiring retest shall be performed according to the ISO 9000 series of standards.

The manufacturer and/or test house, shall ensure that the specified maximum and/or minimum environmental (or test) values are imposed, when a test is applied, having already taken tolerances and measurement inaccuracies fully into account. This task shall be carried out by the manufacturer or the test house by agreement with the customer.

9.1.1 Tests and methods of testing

9.1.1.1 Type test

Type tests are carried out in order to verify the design characteristics of a particular design of EE. It shall be verified by tests that the design specification is fulfilled as specified. If not otherwise specified, the type test may be carried out in any appropriate sequence. The type test may be carried out on a preproduction sample or on different samples of the same type.

Unless otherwise agreed, type tests shall be performed on all EEs which have not previously been the subject of satisfactory type testing, or which have been the subject of modifications which could affect the performance of the EE.

Where certain details of EE are altered, the particular type test(s) whose results could be affected by the alterations shall be repeated on the EE. In the case of a single unit of EE being manufactured, it shall also be subjected to a type test.

L'essai de type peut être pratiqué par le constructeur, celui-ci doit fournir au client, sur sa demande, les rapports d'essais attestant de résultats satisfaisants. Par accord mutuel entre le constructeur et l'utilisateur, l'essai de type peut être réalisé par un organisme indépendant. Dans ce cas, c'est à ce dernier qu'incombe la fourniture des documents attestant des résultats des essais qui sont transmis au client sur sa demande.

Sauf accord particulier, tous les essais de type de la colonne 2 du Tableau 10 doivent être pratiqués sur les composants, et tous ceux de la colonne 4 doivent être pratiqués sur l'EE (voir Annexe A).

9.1.1.2 Essais individuels

Les essais individuels sont composés d'une série d'essais ayant pour objet de vérifier que chacun des EE a été correctement fabriqué et réglé, que les dispositions de protection contre les chocs électriques ont bien été prises et que les exigences fonctionnelles sont bien respectées. Sauf dispositions particulières, ces essais peuvent être pratiqués dans n'importe quel ordre.

9.1.1.3 Essai par échantillon

L'essai par échantillon est un essai dans lequel un nombre suffisant d'appareils est essayé. Cet essai est répété à des intervalles de temps appropriés pour s'assurer de la régularité du processus de fabrication.

9.1.1.4 Essais sur site

Les essais sur site sont nécessaires pour vérifier que:

- l'EE n'a pas été détérioré pendant le transport et qu'il a été correctement intégré dans l'installation;
- qu'il est bien adapté et qu'il fonctionne correctement dans son environnement;
- que les dispositifs de protection et de contrôle fonctionnent correctement.

Lorsque des essais sur site sont spécifiés sur un EE relié à d'autres équipements dans une installation, ces essais doivent être réalisés lorsque l'EE est correctement et définitivement installé. Ils ont pour objet de prouver que l'EE:

- est compatible avec les autres équipements qui lui sont reliés;
- est capable, une fois relié, de fonctionner suivant ses spécifications;
- possède une plage de réglage suffisante pour les commandes variables liées aux autres équipements.

Lorsque des essais sur site sont exigés, ils doivent comprendre ceux de la colonne 6 du Tableau 10.

Lorsque plusieurs EE sont connectés ensemble dans un système, il est nécessaire de prévoir un essai de système sur site, afin de vérifier que le système ainsi constitué avec son câblage:

- a été correctement installé;
- fonctionne correctement dans son environnement;
- est compatible avec les équipements qui lui sont reliés;
- respecte ses performances spécifiées;
- n'est pas perturbé par les phénomènes d'interférences électriques/électromagnétiques du site;
- a été correctement mis à la terre.

Ces essais doivent être conduits sur chacune des installations constituées par les EE montés sur le site.

The type test may be carried out by the manufacturer and the manufacturer shall provide documentary evidence of satisfactory results to the customer when required to do so. Alternatively, the test may be carried out by an independent test house if agreed between manufacturer and customer. In this case, the test house shall provide documentary evidence of satisfactory results to the customer when required to do so.

All the type tests in column 2 of Table 10 shall be performed on components and all of column 4 on EE unless otherwise specifically agreed. (See Annex A).

9.1.1.2 Routine test

Routine testing comprises a series of tests and shall confirm that each individual EE has been correctly manufactured and set up and shall ensure that protection against electric shock is provided and that the functional requirements are met. If not otherwise specified, these tests may be carried out in any sequence.

9.1.1.3 Sample test

A sample test is a test in which a sufficient sample of devices is tested. This test is repeated at appropriate time intervals in order to enable reliable conclusion on the uniformity of the manufacturing process to be assessed.

9.1.1.4 Site test

Site testing is required to check that

- no damage to the EE has occurred in transit and that it has been properly integrated in the installation;
- the EE is suitable for and functions correctly in its environment;
- the protective and control devices operate as intended.

Where site testing is specified on EE which is interfaced with other equipment in an installation, it shall be carried out with the EE correctly installed in its final location and shall demonstrate that the EE

- is compatible with other connected equipment;
- is capable of performing its specified function when interconnected;
- has sufficient range in its variable and interrelated controls.

Where site testing is required, it will include tests from those listed in column 6 of Table 10.

Where several EEs are integrated to a system, it will be necessary to perform a system test on site to check that the EEs comprising the system, together with their interconnecting cabling

- have been properly installed;
- function properly in their installed environment;
- are compatible with other interconnected equipments;
- perform their specified functions;
- are not adversely affected by electrical/electromagnetic interference on site;
- have been properly earthed.

The site test shall be performed on each installation of EE(s) set up on site.

9.1.2 Conditions générales d'essai

Sauf indications contraires, les essais doivent être exécutés selon les conditions communes d'essai données au Tableau 9.

Les renseignements suivants nécessaires aux essais prévus doivent être fournis, sur demande, par le constructeur ou le laboratoire d'essais:

- toutes les informations nécessaires au montage et au câblage externe;
- les procédures de vérification à appliquer;
- la précision et les tolérances admissibles pour toutes les mesures.

Ces renseignements doivent être fournis par:

- les mesures initiales;
- les mesures effectuées pendant les essais individuels;
- les mesures finales.

Tableau 9 – Conditions générales d'essai

Alimentation et environnement	Conditions d'essai
Alimentation par le réseau	Tension et fréquence assignées
Température	Température de la salle entre 15 °C et 35 °C
Humidité relative	45 % à 75 %
Pression	86 kPa à 106 kPa

9.1.3 Procédure de vérification

La procédure de vérification doit permettre de s'assurer que l'EE est conforme à ses spécifications, qu'il fonctionne correctement durant les mesures initiales du début de la séquence d'essai et qu'il conserve les performances prévues à sa conception durant tous les essais individuels ultérieurs (lorsque cela a été spécifié). La vérification exige que les mesures suivantes soient exécutées:

- la mesure initiale,
- la mesure durant l'essai individuel,
- la mesure finale.

Ces mesures comprennent une inspection visuelle et un essai réduit des performances.

Quand, lors d'une séquence d'essais, la mesure finale de l'essai précédent correspond à la mesure initiale de l'essai individuel suivant, il n'est pas nécessaire de doubler cette mesure. On peut confondre ces deux mesures en une seule.

Les critères d'acceptation pour les mesures ci-dessus sont:

- fonctionnement de l'EE comme prévu et selon ses spécifications;
- aucune destruction de composant de l'EE;
- pas de comportement erratique ou imprévu de l'EE et de ses logiciels;
- aucune indication de surchauffe des composants;
- aucune partie active n'est devenue accessible;
- aucune fissure dans l'enveloppe, et aucun isolateur détérioré ou desserré.

9.1.2 General conditions for testing

The tests shall be performed under the common test conditions given in Table 9 unless otherwise specified.

The following data required for each test to be conducted, shall be made available from the manufacturer/test house on request:

- all information relating to correct installation and external connections;
- the correct verification procedures to be adopted;
- measurement accuracy and tolerance permitted for all measurements.

These data shall be provided for

- initial measurement;
- measurement during the individual test;
- final measurement.

Table 9 – General test conditions

Supplies and environment	Test condition
Mains power supply	Rated voltage and frequency
Temperature	Room temperature between 15 °C and 35 °C
Relative humidity	45 % to 75 %
Barometric pressure	86 kPa to 106 kPa

9.1.3 Verification procedure

The verification procedure shall ensure that the EE is in accordance with its specification and that it functions correctly during the initial measurement at the beginning of the test sequence and maintains its design characteristics throughout all the individual tests which follow (where this has been specified). Verification requires that the following measurements be made:

- initial measurement,
- measurement during the individual test,
- final measurement.

These measurements comprise a visual inspection and a shortened performance test.

In a test sequence where the final measurement of the previous test corresponds to the initial measurement of the succeeding individual test, it is not necessary to do these measurements twice, i.e. once is sufficient.

Performance criteria for the above mentioned measurements are

- operation as intended within the specification of the EE;
- no destruction of any component of the EE;
- no erratic or unintended behaviour of the EE and its software;
- no sign of component overheating;
- no live part shall become accessible;
- no cracks in the enclosure and no damaged or loose insulators.

9.2 Conformité à cette norme

La conformité aux exigences minimales spécifiées dans les articles 4 à 8 doit être vérifiée par l'exécution des essais adéquats prescrits dans l'article 9.

La conformité ne pourra être revendiquée que si tous les essais ont été exécutés et vérifiés selon 9.1.3. De plus, le fait que l'essai de type ne soit pas exigé ou que, pour des raisons pratiques, les conditions d'essais soient limitées ne décharge pas le constructeur de ses obligations telles qu'elles sont définies dans cet article.

La conformité aux exigences constructives et la validité des informations fournies par le constructeur doivent être vérifiées par des examens adéquats, des inspections visuelles, et/ou des mesures. Les résultats doivent être enregistrés par le constructeur ou l'organisme d'essais.

Lorsque les exigences de conception de cette norme ne sont pas couvertes par un essai décrit à l'article 9, elles doivent être vérifiées par un essai ou une autre procédure agréée entre le constructeur et le client.

Il est de la responsabilité du constructeur de s'assurer que l'EE et ses périphériques, livrés au client, sont techniquement identiques à l'exemplaire (ou aux exemplaires) qui ont subi les essais de type conformément aux prescriptions de cette norme, et qu'ils sont donc conformes à toutes ses exigences.

Les modifications importantes doivent être indiquées sur l'EE par l'utilisation d'indices de révision et des marquages adéquats, et un nouvel essai de type peut être requis pour confirmer la conformité après modification.

9.3 Synthèse des essais

Les essais de type doivent être effectués chaque fois que cela est spécifié dans cette norme. De plus, des essais de type et/ou individuels peuvent, sur accord particulier, être considérés comme une exigence d'assurance qualité et être effectués dans le cours normal du cycle de production de l'EE.

Le Tableau 10 présente une synthèse des essais de type, individuels, et sur site à effectuer sur les composants/dispositifs électroniques, les ou l'EE dans les installations, avec indication du paragraphe approprié à consulter.

9.2 Compliance with this standard

Compliance with the minimum requirements specified in clauses 4 to 8 shall be verified by carrying out the appropriate tests specified in this clause 9.

Compliance can only be claimed if all tests have been performed and verified according to 9.1.3. Moreover, the manufacturer's obligations expressed in this part are not waived if no type test is required, or if the test conditions are restricted for practical reasons.

Compliance with constructional requirements and information to be provided by the manufacturer shall be verified by suitable examination, visual inspection, and/or measurement and the results recorded by the manufacturer/test house.

Where the design requirements within this standard are not covered by a test described in clause 9, then the design requirement shall be verified by means of a test or other procedure agreed between the manufacturer and the customer.

It is the manufacturer's responsibility to ensure that delivered EE and associated peripherals are technically identical to the sample(s) which have been type-tested according to this standard and therefore, that they comply with all requirements of this standard.

Significant modifications shall be indicated on the EE through the use of suitable revision level indices and markings, and a new type test may be required to confirm compliance.

9.3 Overview of tests

Type tests shall be performed wherever stipulated in this standard. Additionally where specified by agreement, sample tests and/or routine tests shall be carried out as a normal part of production quality assurance of EE.

Table 10 provides an overview of the type, routine and site testing of electronic components/devices, EE and EE(s) in installations with indication of the appropriate subclauses to be consulted.

Tableau 10 – Synthèse des essais

1	2	3	4	5	6
Exigences	Pour les seuls constituants de la séparation de protection		Equipement (EE)		EE monté dans une installation de puissance ¹⁾
	Type 9.1.1.1	Série 9.1.1.2	Type 9.1.1.1	Série 9.1.1.2	Site 9.1.1.4
9.4 Réalisation des essais					
9.4.1 Inspections visuelles	9.4.1	9.4.1	9.4.1	9.4.1	9.4.1
9.4.2 Essais d'environnement climatiques Chaleur sèche Chaleur humide			9.4.2.1 9.4.2.2		
9.4.3 Essais mécaniques Basculement Vibration Étanchéité pour les liquides de refroidissement			9.4.3.1 9.4.3.2 9.4.3.3	9.4.3.3	9.4.3.3
9.4.4 Sécurité essais mécaniques Lignes de fuites et distances d'isolement Accessibilité aux parties dangereuses Essai de l'enveloppe Conformité du vernis ou du revêtement	9.4.4.4		9.4.4.1 9.4.4.2 9.4.4.3		9.4.4.2
9.4.5 Sécurité essais électriques (diélectrique) Ondes de choc Tension d'essai alternative ou continue Décharge partielle Résistance d'isolement sur le site Impédance de protection, blindage	9.4.5.1 (9.4.5.3) 2)	(9.4.5.1)	(9.4.5.1) 9.4.5.2 9.4.5.5	9.4.5.2 9.4.5.5	9.4.5.4
9.4.6 Environnement électrique Émission de perturbations électromagnétiques Immunité aux perturbations électromagnétiques Essai de tenue aux courts-circuits			9.4.6.1 9.4.6.2 9.4.6.3		
9.4.7 Essais de qualification			9.4.7	9.4.7	9.4.7
Numéro de paragraphe entre parenthèses: Essais facultatifs, se reporter au paragraphe particulier. 1) Il convient que le responsable des essais sur site soit défini contractuellement si l'installateur n'est pas le constructeur de l'EE. 2) Essais par prélèvement supplémentaire (9.1.1.3).					

Table 10 – Overview of tests

1	2	3	4	5	6
Requirements	Components/devices for protective separation only		Equipment (EE)		EE in power ¹⁾ installation
	Type test 9.1.1.1	Routine test 9.1.1.2	Type test 9.1.1.1	Routine test 9.1.1.2	Site test 9.1.1.4
9.4 Performance of the tests					
9.4.1 Visual inspections	9.4.1	9.4.1	9.4.1	9.4.1	9.4.1
9.4.2 Climatic environmental tests					
Dry heat test			9.4.2.1		
Damp heat test			9.4.2.2		
9.4.3 Mechanical tests					
Topple test			9.4.3.1		
Vibration test			9.4.3.2		
Seal test for liquid cooled EE			9.4.3.3	9.4.3.3	9.4.3.3
9.4.4 Safety related mechanical tests					
Clearance and creepage distance			9.4.4.1		
Non-accessibility test			9.4.4.2		9.4.4.2
Enclosure test			9.4.4.3		
Suitability test for varnish or coating	9.4.4.4				
9.4.5 Safety related electrical (dielectric) tests					
Impulse voltage test	9.4.5.1	(9.4.5.1)	(9.4.5.1)		
A.C. or d.c. voltage test			9.4.5.2	9.4.5.2	
Partial discharge test	(9.4.5.3) ²⁾				
In-situ insulation resistance test					9.4.5.4
Protective impedance, protective screening			9.4.5.5	9.4.5.5	
9.4.6 Electrical environmental tests					
Emission of electromagnetic disturbance			9.4.6.1		
Immunity from electromagnetic disturbance			9.4.6.2		
Short-circuit withstand capability			9.4.6.3		
9.4.7 Performance test			9.4.7	9.4.7	9.4.7
Subclause number in brackets: test only if required according to the particular subclause.					
¹⁾ If the manufacturer of the EE is not the installer, site test responsibility should be defined in the contract.					
²⁾ Additionally, sample test (9.1.1.3).					

9.4 Réalisation des essais

Le terme «préparation» utilisé dans les Tableaux suivants signifie que l'EE subit un conditionnement avant son essai.

Dans les paragraphes 9.4.1 à 9.4.7, les essais individuels sur les composants/dispositifs, sur les EE et sur les systèmes intégrés dans des installations de puissance sont détaillés. Un essai individuel commence normalement par des mesures initiales et se termine par des mesures finales (voir 9.1.3). Les exigences d'essai, et les mesures requises lors des essais individuels, sont décrites dans les Tableaux 11 à 21 (voir Annexe A).

9.4.1 Inspections visuelles

9.4.1.1 Pendant l'essai de type

L'inspection visuelle initiale doit être effectuée pour s'assurer que la construction de l'EE est saine et, autant que l'on puisse en juger, qu'elle est conforme aux exigences spécifiées. Avant le début des essais, on doit contrôler par cette inspection la conformité d'un certain nombre de dispositions comme le marquage, l'accessibilité pour l'entretien, la sécurité, etc. On vérifie de même que l'EE présenté à l'essai de type est conforme à ses spécifications pour ce qui concerne sa tension d'alimentation, ses calibres d'entrée et de sortie, etc.

Des contrôles visuels intermédiaires doivent être effectués afin de vérifier que l'EE a supporté l'essai auquel il vient d'être soumis, et que l'on peut passer à la prochaine phase d'essais.

Une fois les essais terminés, il convient qu'une inspection visuelle supplémentaire soit effectuée pour vérifier que ceux-ci n'ont eu aucun effet néfaste sur l'EE. Il convient que des signes de surchauffe de composants, de desserrage d'attaches, de détérioration d'isolants ou d'autres dégradations soient notés.

9.4.1.2 Pendant les essais individuels

Une inspection visuelle doit être effectuée pour s'assurer que l'EE est conforme à ses spécifications.

9.4.1.3 Pour les essais sur site

Les contrôles visuels sont nécessaires pour affirmer que l'EE n'a pas été détérioré durant son transport jusqu'au site. Ces vérifications peuvent parfois mettre en jeu plusieurs fournisseurs, dans ce cas, une réception doit être nécessaire à chaque étape afin d'établir et de consigner la fin des travaux de chacune des phases du programme d'installation.

L'inspection visuelle doit également établir la conformité aux exigences suivantes:

- 5.2.1 Exigences de protection contre les chocs électriques;
- 5.2.2 Protection contre les contacts directs;
- 5.2.4 Protection au moyen d'enveloppes et de barrières;
- 5.2.8.3 Protection par impédance de protection;
- 5.2.8.4 Protection par utilisation de tensions limitées dans les circuits de commande;
- 5.2.9 Protection contre les contacts indirects;
- 5.2.9.1 Isolation entre les parties actives et les masses;
- 5.2.9.2 Equipotentialité de protection;
- 5.2.14 Isolants solides, isolation des circuits;
- 5.2.15.1 Lignes de fuite et distances d'isolement;
- 5.2.18.1 Dispositions constructives;

9.4 Performance of the tests

Preconditioning as used in the Tables which follow means preparation of the EE to be tested before commencement of the test.

In 9.4.1 to 9.4.7 details of the individual tests are given which shall be performed on components/devices, EE and systems within public, commercial or industrial locations. An individual test normally commences with an initial measurement and ends with the final measurement (see 9.1.3). The test requirements and measurements required during the individual tests are described in Tables 11 to 21. (See Annex A).

9.4.1 Visual inspections

9.4.1.1 During type testing

The initial visual inspection shall be carried out to ensure that the EE is of sound construction and, so far as can be ascertained, meets all the specified requirements. Before starting type testing, a visual inspection shall be made to check features such as adequacy of labelling, accessibility for maintenance, safety, etc. A check shall be made that the EE delivered for the type test is as expected in respect of supply voltage, input and output ranges, etc.

Intermediate visual inspections are required to be carried out to check that an EE has survived the particular test to which it has just been subjected and that testing may continue to the next stage.

After all tests have been completed, a further visual inspection should be carried out to check whether the tests have had any adverse effects on the EE. Signs of component overheating, loosening of fasteners, damage of insulation and any sign of damage or deterioration should be noted.

9.4.1.2 During routine testing

A visual inspection shall be carried out to ensure that EE complies with the specified requirements.

9.4.1.3 During site testing

Visual inspections are required to establish that the EE has been delivered to the site without damage. Such inspections will sometimes cross the boundaries of more than one contract and when this happens, acceptance will be required at each stage in order to establish and record each definitive part of the installation program.

A visual test shall also establish compliance with the requirements of the following subclauses:

- 5.2.1 Requirements for protection against electric shock;
- 5.2.2 Protection against direct contact;
- 5.2.4 Protection by means of enclosures and barriers;
- 5.2.8.3 Protection by means of protective impedance;
- 5.2.8.4 Protection by using limited voltage in control circuits;
- 5.2.9 Protection with regard to indirect contact;
- 5.2.9.1 Insulation between live parts and exposed conductive parts;
- 5.2.9.2 Protective bonding;
- 5.2.14 Solid insulation, insulation of circuits;
- 5.2.15.1 Clearances and creepage distances;
- 5.2.18.1 Constructive measures;

- 5.3 Exigences de protection contre les chocs électriques des EE dans les installations de puissance;
- 5.3.1 Protection contre les contacts directs;
- 5.3.1.2 Raccordement d'un EE avec séparation de protection;
- 5.3.2 Protection contre les contacts indirects;
- 7.1.8 Raccordements électriques;
- 7.2 Marquage, identification, documentation.

9.4.2 Essais d'environnement climatique

Les essais climatiques sont nécessaires pour vérifier l'aptitude de l'EE à fonctionner correctement selon ses spécifications, dans les conditions extrêmes de sa classe d'environnement telle qu'elle est définie au Tableau 7 (voir A.9.4.2.3 à A.9.4.2.7).

9.4.2.1 Essai de chaleur sèche

L'essai de chaleur sèche, dont l'objet est de vérifier la tenue de l'EE à la chaleur, doit être effectué conformément aux dispositions du Tableau 11.

Tableau 11 – Essai de chaleur sèche

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	CEI 60068-2-2, essai Bd
Référence de l'exigence	Températures extrêmes de la classe du Tableau 7, conformément à 6.1.1
Préparation	Conformément aux spécifications du constructeur
Mesures initiales	Conformément à la procédure de vérification de 9.1.3.
Conditions d'essai	Fonctionnement au courant /charge assigné (par exemple 4.2.3 de la CEI 60146-1-1)
Température	Suivant le Tableau 7, colonne 3.
Humidité	Conformément à la CEI 60068-2-2, Test Bd
Précision	± 2 °C (voir 37.1 de la CEI 60068-2-2)
Durée	(16 $\pm$ 1) h
Mesure et/ou charge	Fonctionnement correct au courant /charge assigné (voir aussi 6.1.1.1)
Procédure de remise en état:	
- temps	1 heure minimum
- conditions climatiques	Selon 9.1.2
- alimentation	Alimentation débranchée
Mesures finales	Procédure de vérification selon 9.1.3

Si pour des raisons de construction ou de fonctionnement, l'essai de chaleur sèche ne peut pas être effectué, l'EE doit être essayé dans ses conditions de charge assignée, jusqu'à ce que sa température soit stabilisée. Celle-ci doit être mesurée, et on en déduira par calcul, la température finale éventuellement atteinte dans les conditions opérationnelles de l'essai (conditions climatiques applicables du Tableau 7). La température ainsi calculée ne doit pas dépasser la température limite des composants spécifiée en 7.1.7.4 et 7.1.7.5. Lorsque cela est pertinent, une augmentation de 15 K (voir 6.1.1.1) doit être incluse dans les conditions d'essai.

5.3 Requirements for EEs in installations with regard to protection against electric shock;

5.3.1 Protection with regard to direct contact;

5.3.1.2 Connection of EE with protective separation;

5.3.2 Protection with regard to indirect contact;

7.1.8 Electrical connections;

7.2 Marking, identification, documentation.

9.4.2 Climatic environmental tests

Climatic testing is required to establish the suitability of EE to function correctly to its specification at the extremes of the environmental classification to which it will be subjected as defined in Table 7. (See Annex A for A.9.4.2.3 to A.9.4.2.7).

9.4.2.1 Dry heat test

The dry heat test shall be performed according to Table 11 to prove resistance of the EE to heat.

Table 11 – Dry heat test

Subject	Test conditions
Test reference	Test Bd of IEC 60068-2-2
Requirement reference	According to 6.1.1, extreme temperature according to classification in Table 7
Preconditioning	According to manufacturer's specification
Initial measurement	According to 9.1.3, verification procedure
Conditions	Operating at rated load/current (e.g. 4.2.3 of IEC 60146-1-1)
Temperature	According to 6.1, Table 7, column 3
Humidity	According to IEC 60068-2-2, Test Bd
Accuracy	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (see 37.1 of IEC 60068-2-2)
Duration of exposure	$(16 \pm 1)\text{ h}$
Measuring and/or loading	Correct function at rated load/current (see also 6.1.1.1)
Recovery procedure:	
- time	1 h minimum
- climatic conditions	According to 9.1.2
- power supply	Power supply unconnected
Final measurements	According to 9.1.3, verification procedure

If a dry heat test cannot be carried out due to reasons of construction or operation, the EE shall be operated under its rated conditions until thermal equilibrium is reached. The temperatures reached shall be measured and used to establish by calculation the final steady state temperatures which could have been reached under the test operating conditions (at the climatic condition applicable in Table 7). The temperatures so calculated shall not exceed the limits for the EE components as specified in 7.1.7.4 and 7.1.7.5. Where relevant, the 15 K (see 6.1.1.1) shall be taken into account in the temperature conditions of the test.

9.4.2.2 Essai de chaleur humide

L'objet de cet essai est de vérifier le comportement de l'EE à l'humidité conformément au Tableau 12.

Les exigences de l'essai doivent aussi être considérées comme respectées si les sous-ensembles, les constituants, ou les parties de l'EE ont déjà été soumis à une combinaison comparable d'essais. Un essai séparé des sous-ensembles qui n'ont pas encore subi cet essai est suffisant.

Si les dimensions de la plate-forme le permettent, l'EE entier doit être soumis à l'essai. Dans le cas contraire, l'essai porte sur les parties séparées.

Tableau 12 – Essai de chaleur humide

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	Essai Ca de la CEI 60068-2-3
Référence de l'exigence	Conformément à 6.1.2, humidité selon la classification du Tableau 7
Préparation	Conformément à la spécification du constructeur
Mesures initiales	Conformément à la procédure de vérification de 9.1.3
Conditions d'essai	Aucune
Précautions spéciales	Alimentation débranchée. Les sources de tension internes peuvent rester sous tension, à condition que la chaleur qu'elles dégagent reste négligeable
Humidité	$(93 \pm 2)\%$
Température	$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (voir la CEI 60068-2-3)
Durée	4 jours
Mesure et/ou charge	Aucune
Procédure de remise en état:	
- temps	1 h à 2 h
- conditions climatiques	Selon 9.1.2
- alimentation	Alimentation débranchée
Mesures finales	Procédure de vérification de 9.1.3, ajouter un essai de tenue diélectrique en tension alternative ou continue suivant 9.4.5.2
NOTE 1 Toute trace de condensation interne ou externe doit être enlevée à l'aide d'une ventilation avant de réalimenter l'EE.	
NOTE 2 Il convient de consulter la CEI 60068-3-4 pour décider de l'application de l'essai à la chaleur humide.	

9.4.3 Essais mécaniques

9.4.3.1 Essai de basculement

Afin de vérifier la tenue aux conditions de transport, l'EE doit être soumis à un essai de basculement suivant les prescriptions du Tableau 13.

9.4.2.2 Damp heat test

To prove the resistance to humidity, the EE shall be subjected to a damp heat test according to Table 12.

The requirements of the test are also regarded as fulfilled if the EE is composed of sub-assemblies, components and parts which have already passed this test in a comparable test combination. If necessary, a test of those sub-assemblies which have not yet been tested is sufficient.

Where the dimensions of the test chamber permit, the complete EE shall be subjected to this test. If not, the individual parts shall be tested separately.

Table 12 – Damp heat test

Subject	Test conditions
Test reference	Test Ca of IEC 60068-2-3
Requirement reference	According to 6.1.2, humidity according to classification in Table 7
Preconditioning	According to manufacturer's specification
Initial measurement	According to 9.1.3, verification procedure
Conditions	None
Special precautions	Power supply disconnected, internal voltage sources may remain connected if the heat produced by them in the specimen is negligible
Humidity	$(93^{+2}_{-3}) \%$
Temperature	$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (according to IEC 60068-2-3)
Duration of exposure	4 days
Measuring and/or loading	None
Recovery procedure:	
- time	1 h to 2 h
- climatic conditions	According to 9.1.2
- power supply	Power supply disconnected
Final measurements	According to 9.1.3, verification procedure and in addition, the a.c. or d.c. voltage test according to 9.4.5.2 to measure dielectric strength
NOTE 1 All external and internal condensation shall be removed by air flow prior to re-connection of the EE to a power supply.	
NOTE 2 Guidance should be sought from IEC 60068-3-4 when deciding upon the damp heat test to be applied.	

9.4.3 Mechanical tests

9.4.3.1 Topple test

To verify sufficient mechanical strength for transportation EE shall be subjected to a topple test according to Table 13.

Tableau 13 – Essai de basculement

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	3.2.3 de la CEI 60068-2-31
Référence de l'exigence	Selon 6.2.1, choc mécanique
Préparation	Conformément aux spécifications du constructeur
Mesures initiales	Conformément à la procédure de vérification de 9.1.3
Conditions d'essai	Aucune
Précautions spéciales	EE emballé pour expédition et hors fonctionnement
Masse de l'EE	< 20 kg
Basculement sur une arête inférieure quelconque	Cet essai ne concerne que les EE transportables et les unités ou sous-ensembles séparés. Il n'est pas prévu de l'effectuer sur des tiroirs montés dans des équipements.
Mesure et/ou charge	Aucune
Mesures finales	Procédure de vérification de 9.1.3, ajouter l'essai d'inaccessibilité aux parties dangereuses suivant 9.4.4.2

9.4.3.2 Essai de vibrations

Pour vérifier la solidité mécanique du montage, un essai de type aux vibrations à fréquence glissante doit être pratiqué, conformément aux prescriptions du Tableau 14.

Pour les EE de masse supérieure à 50 kg, cet essai peut être limité à l'essai séparé de ses sous-ensembles débrochables ou facilement démontables (modules, tiroirs équipés).

Si le nombre des sous-ensembles électroniques qui composent l'EE est très petit et qu'il est montré que chacun d'entre eux a franchi avec succès l'essai de vibrations conformément à cet article, on peut alors déroger à cet essai.

NOTE 1 Voir aussi A.6.2.2.1 pour les actions à entreprendre si des résonances indésirables ont été détectées.

NOTE 2 Pour l'essai de chute, voir A.9.4.3.4.

Tableau 14 – Essai de vibrations

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	Essai Fc de la CEI 60068-2-6
Référence de l'exigence	Selon 6.2.2.1: exigences d'immunité aux vibrations mécaniques
Préparation	Conformément aux spécifications du constructeur
Mesures initiales	Conformément à la procédure de vérification de 9.1.3
Conditions d'essais	Non alimenté
Mouvement	Sinusoïdal
Vibration amplitude/accélération 10 Hz ≤ f ≤ 57 Hz 57 Hz < f ≤ 150 Hz	0,075 mm d'amplitude 1 g
Vibration: amplitude/accélération	10 cycles de balayage sur chacun des 3 axes perpendiculaires
Détails du montage	Selon les spécifications du constructeur
Vérification	Autant que possible par inspection visuelle
Mesures finales	Procédure de vérification de 9.1.3, ajouter l'essai d'inaccessibilité aux parties dangereuses suivant 9.4.4.2

Table 13 – Topple test

Subject	Test conditions
Test reference	3.2.3 of IEC 60068-2-31
Requirement reference	According to 6.2.1, mechanical shock
Preconditioning	According to manufacturer's specification
Initial measurement	According to 9.1.3, verification procedure
Conditions	None
Special precautions	The EE is not in operation and is packed for transportation
Mass of EE	< 20 kg
Toppling about any of the bottom edges	This test is intended to be carried out on EEs which are portable and on units and sub-assemblies. It is not intended that it be carried out on complete racks of equipment
Measuring and/or loading	None
Final measurements	According to 9.1.3, verification procedure and in addition, the non-accessibility test according to 9.4.4.2

9.4.3.2 Vibration test

To verify the mechanical strength, a vibration test shall be carried out according to Table 14 as a type test using a sliding frequency.

For EE with a weight of more than 50 kg, this test may be limited to the test of individual plug-in or easily detachable sub-assemblies (for example modules, equipped sub-racks).

If the number of electronic subassemblies which comprise the EE is very small and it is shown that all subassemblies have withstood the vibration test according to this subclause, then the test may be waived.

NOTE 1 See also A.6.2.2.1 for required actions if undesirable resonances are detected.

NOTE 2 For the drop test, see A.9.4.3.4.

Table 14 – Vibration test

Subject	Test conditions
Test reference	Test Fc of IEC 60068-2-6
Requirement reference	According to 6.2.2.1, immunity requirement to mechanical vibration
Preconditioning	According to manufacturer's specification
Initial measurement	According to 9.1.3, verification procedure
Conditions	Power supply unconnected
Motion	Sinusoidal
Vibration amplitude/acceleration	0,075 mm amplitude
10 Hz ≤ f ≤ 57 Hz	1 g
57 Hz < f ≤ 150 Hz	
Vibration duration	10 sweep cycles per axis on each of three mutually perpendicular axes
Details of mounting	According to manufacturer's specification
Measurement verification test	Visual inspection as far as possible
Final measurements	According to 9.1.3, verification procedure and in addition, the non-accessibility test according to 9.4.4.2.

9.4.3.3 Essai d'étanchéité pour liquide de refroidissement

L'étanchéité des EE refroidis par un liquide doit être contrôlée en utilisant le fluide et/ou l'agent caloporteur, ou de l'eau. La pression d'essai doit être le double de celle de fonctionnement et au moins égale à 1 bar. Pendant l'essai, seuls les réservoirs fonctionnant par gravité pourront être fermés. L'essai ne nécessite pas de porter le fluide de refroidissement à sa température de fonctionnement. La pression d'essai doit être maintenue pendant au moins 10 min, jusqu'à ce que tous les points aient été vérifiés.

9.4.4 Essais mécaniques liés à la sécurité

9.4.4.1 Distances d'isolement et lignes de fuite

Il doit être contrôlé par inspection visuelle et, en cas de doute par mesure, que les distances et la longueur des lignes de fuite sont conformes aux Tableaux 3 à 6 de 5.2.16 à 5.2.17. Les distances dans l'air et les lignes de fuite, utilisées dans le cas de la séparation de protection, doivent toujours être mesurées.

9.4.4.2 Essai d'inaccessibilité

Cet essai a pour objet de démontrer que les parties sous tension sont protégées par des enveloppes et des barrières afin de les rendre inaccessibles.

Considéré comme un essai de type pour l'EE, il doit être effectué selon le Tableau 15, conformément aux essais spécifiés dans la CEI 60529 relatifs à la classification des types d'enveloppes. On doit choisir l'essai le mieux adapté.

Cet essai doit être en outre pratiqué en essai sur site pour s'assurer qu'aucune altération inacceptable de l'EE n'est survenue pendant son transport et que les distances nécessaires sont maintenues lors de son montage dans l'installation de puissance.

Tableau 15 – Essais d'inaccessibilité

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	Article 12 de la CEI 60529, des informations supplémentaires sont données à la Figure 3 et en A.5.2.4
Référence de l'exigence	Selon 5.2.3 et 5.2.4: protection par enveloppes, barrières, et distances
Choix des échantillons	EE avec et sans parties mobiles
Préparation	On effectuera deux fois cet essai, l'EE restant hors tension: 1) à la réception chez le client 2) après les essais mécaniques
Détails du montage/supports	Suivant les spécifications du constructeur
Drains et orifices de ventilation	Conformes à leur état lors du fonctionnement normal
Essai des parties mobiles	EE sous tension et en fonctionnement
Description de l'essai	Le doigt d'essai (IP2X) ou, quand cela est applicable, la tige d'essai (IP4X) ne doit rentrer en contact avec aucune partie sous tension (sauf pour les circuits TBTS ou TBTP), ni avec aucune partie mobile (sauf des arbres lisses en rotation)

9.4.4.3 Essai de l'enveloppe

Sauf accord contraire, des essais doivent être effectués pour vérifier la conformité de l'enveloppe à la classe IP demandée. Les essais doivent être conduits conformément aux essais spécifiés dans la CEI 60529 relatifs à la classification des types d'enveloppes. On doit choisir l'essai le mieux adapté.

9.4.3.3 Seal test for liquid-cooled EE

Liquid-cooled EE shall be tested for sealing by using the specified coolant and/or heat transfer agent or water. The test pressure shall be at double the operating pressure, but at least at 1 bar. During the test, only reservoirs operating by gravity may be shut-off. For test purposes, the coolant and/or heat transfer agent need not be brought up to the operating temperature. The pressure shall be maintained until the EE has been checked for sealing at all points, and at least for 10 min.

9.4.4 Safety related mechanical tests

9.4.4.1 Clearances and creepage distances

It shall be verified by visual inspection and in case of doubt by measurement that the clearances and creepage distances are as specified in Tables 3 to 6. Clearances and distances applied for protective separation shall always be measured.

9.4.4.2 Non-accessibility test

This test is intended to show that live parts are protected by means of enclosures and barriers so that they are not accessible.

This test shall be carried out as a type test for an EE as listed in Table 15 in accordance with those tests specified in IEC 60529 for the enclosure classification. The most applicable test shall be chosen.

This test shall additionally be carried out as a site test to ensure that no unacceptable alterations of the EE have occurred and that the necessary distances are retained when the EE is assembled in its final location.

Table 15 – Non-accessibility test

Subject	Test conditions
Test reference	Clause 12 of IEC 60529, additional information is contained in Figure 3 and in A.5.2.4
Requirement reference	According to 5.2.3 and 5.2.4, protection by enclosures, barriers, distances
Selection of samples	EE with and without moving parts
Preconditioning	EE shall pass this test twice, with the EE de-energized: 1) as received from the manufacturer; 2) after the mechanical tests.
Details of mounting/support	According to manufacturer's specification
Drain/ventilation holes	Configuration used in operating conditions
Moving parts test	EE energized and operating
Test description	The test-finger (IP2X) and, where applicable, the test pin wire (IP4X) shall not make contact with any live part (except for SELV or PELV circuits) or any moving part (except smooth rotating parts)

9.4.4.3 Enclosure test

Unless otherwise agreed, tests shall be carried out to confirm that the EE enclosure is correct for the IP classification. The tests shall be in accordance with those specified in IEC 60529 for the enclosure classification. The most applicable test shall be chosen.

9.4.4.4 Conformité du vernis ou du revêtement

La convenance du vernis ou du revêtement des circuits imprimés lorsque les exigences de distances d'isolement et de lignes de fuite ne s'appliquent pas (voir alinéa 6 de 5.2.15.1) doit être vérifiée conformément à l'article 6 de la CEI 60664-3 avec le degré de sévérité 2.

9.4.5 Essais électriques (diélectriques) relatifs à la sécurité

Les essais diélectriques concernant la sécurité doivent être effectués conformément aux dispositions des normes de produit ou de famille de produit du matériel considéré. Pour les équipements ne possédant pas ces normes, les essais ci-après doivent s'appliquer.

Ces essais ont pour objet de vérifier que l'isolation, les séparations de protection, les impédances de protection, ou les écrans de protection utilisés dans l'EE possèdent bien les propriétés requises pour éviter les chocs électriques et assurer un fonctionnement sûr lorsqu'il est soumis à des transitoires.

Les essais électriques relatifs à la sécurité et basés sur la vérification de l'isolation comprennent:

- l'essai aux ondes de choc;
- l'essai en tension continue ou alternative;
- l'essai aux décharges partielles;
- la mesure de la résistance d'isolement sur le site.

Ils sont effectués suivant 9.4.5.1 à 9.4.5.4.

La détermination de l'amplitude de la tension d'essai est conforme à la norme CEI 60664-1.

La CEI 60664-1 soulignant le fait que les essais individuels doivent éviter de trop contraindre les isolants, les durées et les amplitudes des tensions d'essai ont été choisies en conséquence.

Les composants/dispositifs utilisés pour la séparation de protection doivent être particulièrement examinés. Des essais de tenue aux ondes de choc, et aux décharges partielles doivent être effectués.

L'essai diélectrique individuel, en alternatif ou en continu, doit être réalisé dans des conditions qui permettent une détection aisée des défauts d'isolement survenus durant le montage de l'EE.

9.4.5.1 Essai aux ondes de choc

L'objet de cet essai est de contrôler la tenue aux surtensions transitoires, des distances d'isolement et des isolants solides. La tension d'essai est une onde de la forme 1,2/50 μ s (voir la Figure 6 de la CEI 60060-1) Elle est censée simuler des surtensions d'origine atmosphérique mais permet aussi de vérifier la tenue aux surtensions dues aux appareillages de coupure. Voir les conditions d'application de cet essai au Tableau 16.

L'essai aux ondes de choc doit vérifier que:

- les distances d'isolement réduites dans des champs homogènes,
- et l'isolation double ou renforcée des composants/dispositifs, appliquée pour la séparation de protection

supportent les surtensions transitoires spécifiées survenant occasionnellement durant le fonctionnement et que:

9.4.4.4 Suitability test of varnish or coating

The suitability of varnish or coating on printed circuit boards where the requirements for clearances and creepage distances do not apply (see paragraph 6 of 5.2.15.1) shall be tested according to clause 6 of IEC 60664-3 with degree of severity 2.

9.4.5 Safety related electrical (dielectric) tests

The safety related dielectric tests are to be conducted according to the particular product or product family standards. For equipment without these standards, the following tests shall apply.

These tests shall determine that the insulation, protective separation, protective impedance or protective screening applied to the EE, possesses the properties required to avoid electric shock and to ensure safe function while operating under transient conditions.

Safety related electrical tests relying on the testing of insulation comprise

- the impulse voltage test;
- the a.c. or d.c. voltage test;
- the partial discharge test;
- the in-situ insulation resistance test.

They are performed according to 9.4.5.1 to 9.4.5.4.

In determining the amplitude of the test voltages, IEC 60664-1 has been followed.

As IEC 60664-1 points out, care has to be taken to avoid overstress of solid insulation during routine tests. Therefore the time and amplitude of the test voltages have been chosen accordingly.

Special care shall be taken for components/devices used for protective separation. Tests shall be carried out for impulse withstand behaviour and partial discharge behaviour.

Routine testing is performed with a.c. (or d.c.) voltage under conditions which allow easy detection of insulation failure occurring during assembly of EE.

9.4.5.1 Impulse voltage test

The purpose of this test is to verify that clearance and solid insulation will withstand specified transient overvoltages. The impulse withstand test is carried out with a voltage having a 1,2/50 μ s waveform (see Figure 6 of IEC 60060-1) and is intended to simulate overvoltages of atmospheric origin. It also covers overvoltages due to switching of equipment. For conditions of the impulse voltage test, see Table 16.

The impulse voltage test shall verify that

- reduced clearances designed for a homogeneous field and
- double or reinforced insulation of components/devices applied for protective separation

withstand the specified transient overvoltages occurring occasionally during operation and that

- les dispositifs de limitation de surtension, s'ils sont utilisés associés à un EE construit pour ne supporter que la catégorie II sont capables de ramener les surtensions de catégorie III à la catégorie II (voir 5.2.16.1).

Afin de s'assurer que les dispositifs de limitation de tension sont bien capables de réduire les surtensions, on appliquera à l'EE les valeurs de la colonne 4 du Tableau 17 et les valeurs réduites de la colonne 2 de ce même Tableau doivent être vérifiées en tant qu'essai de type.

L'essai d'ondes de choc n'est pas nécessaire, si les distances d'isolement de l'EE sont prévues sans réduction conformément à 5.2.16.1, 5.2.16.2, 5.2.16.3 (champ hétérogène cas A de 3.1.2.1 de la CEI 60664-1) et si leurs dimensions ont été mesurées en conformité avec 9.4.4.1.

L'essai d'ondes de choc doit être effectué, en tant qu'essai de type, avec les valeurs de la colonne 4 du Tableau 17, si les distances d'isolement ont été réduites conformément à l'alinéa 5 de 5.2.16.1 (champ homogène cas B en 3.1.2.2 de la CEI 60664-1).

L'essai d'ondes de choc doit être effectué, en tant qu'essai de type, avec les valeurs de la colonne 2 du Tableau 17, si les distances d'isolement ont été choisies avec des valeurs réduites suivant l'alinéa 3 de 5.2.16.2 (champ homogène cas B en 3.1.2.2 de la CEI 60664-1).

L'essai de tenue aux ondes de choc, avec les valeurs des colonnes 3 ou 5 du Tableau 17, doit être effectué sur les constituants de la séparation de protection avant leur montage dans l'EE en tant qu'essai de type et qu'essai individuel.

On peut déroger à cet essai, en tant qu'essai individuel, à condition que les constituants utilisés pour la séparation de protection soient conçus et fabriqués de telle façon que leurs distances d'isolement soient suffisamment grandes (conformément aux colonnes 7 du Tableau 3 et du Tableau 4, pour un champ électrique hétérogène), qu'elles restent constantes et qu'elles ne se dégradent pas (par exemple: connecteur, bloc bornes, relais tout ou rien, contacteur).

- overvoltage limiting devices, if used in combination with an EE built only for overvoltage category II, are able to reduce overvoltages of category III to the values of category II (see 5.2.16.1).

To ensure that the limiting devices are able to reduce the overvoltage, the values of column 4 in Table 17 shall be applied to the EE and the reduced values of column 2 in Table 17 shall be verified as a type test.

If clearances are designed without reduction according to 5.2.16.1, 5.2.16.2, 5.2.16.3 (inhomogeneous field, case A in 3.1.2.1 of IEC 60664-1) and if their mechanical dimensions are measured according to 9.4.4.1, then no impulse voltage test on clearances of the EE is required.

If clearances are selected according to paragraph 5 of 5.2.16.1 with reduced values (homogeneous field, case B in 3.1.2.2 of IEC 60664-1), the impulse voltage test shall be carried out on the EE with the impulse withstand voltages as listed in column 4 of Table 17 as a type test.

If clearances are selected according to paragraph 3 of 5.2.16.2 with reduced values (homogeneous field, case B in 3.1.2.2 of IEC 60664-1), the impulse voltage test shall be carried out on the EE with the impulse withstand voltage as listed in column 2 of Table 17 as a type test.

The test on components/devices for protective separation shall be carried out before they are assembled into the EE with the impulse withstand voltages listed in column 3 or column 5 of Table 17 as a type test and a routine test.

Provided that the clearances for the component/device used for protective separation are designed and manufactured such that the clearances are sufficiently high (according to Table 3 and Table 4, columns 7, for an inhomogeneous electrical field), remain constant and will not deviate (for example connector, terminal block, all-or-nothing relay, contactor), this test as a routine test may be waived.

Tableau 16 – Essai de tenue aux ondes de choc

Objet	Conditions d'essai		
Référence des essais	19, 20.1.1 et Figure 6 de la CEI 60060-1, 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1		
Référence des exigences	Conformément à 5.2.16.1, 5.2.16.2, 5.2.18		
Préparation	Les parties sous tension appartenant au même circuit doivent être reliées ensemble. Les impédances de protection doivent être traitées conformément à l'alinéa 7 de 9.4.5.2.3.		
Mesures initiales	Conformément à la spécification du composant/dispositif ou de l'EE		
Equipement d'essai	Générateur d'impulsions 1,2/50 μ s avec une résistance interne inférieure à		
	2 Ω	2 Ω	500 Ω
Mesures et vérifications	a) Pour les surtensions de catégorie II, avec un dispositif de limitation de tension associé Conformément à 5.2.16.1	b) Pour les distances d'isolement dans un champ homogène Conformément à 5.2.16.2 ou Conformément à 5.2.16.1	c) Pour les constituants/dispositifs d'une séparation de protection Conformément à 5.2.8.3, 5.2.18.6 et A.5.2.18.7 à A.5.2.18.10
	3 impulsions 1,2/50 μs dans chaque polarité, à intervalles $\geq$ 1s, valeur de la tension de crête ($\pm$ 5 %) suivant:		
	colonne 4 du Tableau 17 colonne 6 du Tableau 3 (5.2.16.1) Vérifier que l'impulsion en tension appliquée entre les parties actives reliées ensemble d'une part, et leur environnement d'autre part, est réduite à une valeur correspondant à la surtension de catégorie II, colonne 2 du Tableau 17 colonne 6 du Tableau 4	colonne 2 du Tableau 17 colonne 6 du Tableau 4 (5.2.16.2) ou colonne 4 du Tableau 17 colonne 6 du Tableau 3 (5.2.16.1) Vérifier que les isolations entre le circuit et la masse et entre le circuit et les circuits adjacents supportent la tension de tenue aux chocs appliquée	colonne 3 ou 5 du Tableau 17 colonne 8 du Tableau 3 ou du Tableau 4 (5.2.16.1 ou 5.2.16.2) Vérifier que l'isolation des composants/dispositifs utilisés dans la séparation de protection des circuits adjacents supporte la tension de tenue aux chocs appliquée
L'essai de tenue à la tension de tenue aux chocs est réussi si aucune perforation, contournement, ou décharge n'a eu lieu et si de plus, les constituants de la séparation de protection ont réussi l'essai aux décharges partielles (voir 9.4.5.3)			

Table 16 – Impulse voltage test

Subject	Test conditions		
Test reference	19, 20.1.1 and Figure 6 of IEC 60060-1, 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1		
Requirement reference	According to 5.2.16.1, 5.2.16.2, 5.2.18		
Preconditioning	Live parts belonging to the same circuit shall be connected together. Protective impedances shall be handled according to paragraph 7 of 9.4.5.2.3.		
Initial measurement	According to specification of component/device or EE		
Test equipment	Impulse generator 1,2/50 μ s with internal resistance not higher than		
	2 Ω	2 Ω	500 Ω
Measurement and verification	a) Selected for overvoltage category II, voltage limiting devices added according to 5.2.16.1	b) Clearances selected for homogeneous field according to 5.2.16.2 or according to 5.2.16.1	c) Components/devices for protective separation according to 5.2.8.3, 5.2.18.6 and A.5.2.18.7 to A.5.2.18.10
	3 pulses 1,2/50 μ s of each polarity in ≥ 1 s interval, peak voltage (± 5 %) according to: column 4 of Table 17 column 6 of Table 3 (5.2.16.1)	column 2 of Table 17 column 6 of Table 4 (5.2.16.2) or column 4 of Table 17 column 6 of Table 3 (5.2.16.1)	column 3 or 5 of Table 17 column 8 of Table 3 or Table 4 (5.2.16.1 or 5.2.16.2)
	Verify that the impulse voltage applied between live parts (connected together) and environment is reduced to a value corresponding to overvoltage category II, column 2 of Table 17 column 6 of Table 4	Verify that the insulation between circuit and exposed conductive parts and adjacent circuits withstands the impulse voltage applied	Verify that insulation of components/devices used for protective separation of adjacent circuits withstands the impulse voltage applied
The impulse voltage test is successfully passed if neither puncture nor flashover occurs and, in addition in case of components/devices for protective separation, if the partial discharge test (see 9.4.5.3) following this test is successfully passed			

Tableau 17 – Tension d'essai aux ondes de chocs

Tension d'isolement assignée (définition voir 5.2.16.1 à 5.2.16.3)	Tension de tenue aux chocs pour l'isolation principale entre circuits non alimentés directement par le réseau et leur environnement pour la catégorie de surtension II (voir aussi 5.2.16.2, colonne 6, du Tableau 4)	Tension de tenue aux chocs pour l'isolation renforcée entre circuits non alimentés directement par le réseau et leur environnement pour la catégorie de surtension II (voir aussi 5.2.16.2, colonne 8 du Tableau 4)	Tension de tenue aux chocs pour l'isolation principale entre circuits alimentés directement par le réseau et leur environnement pour la catégorie de surtension III (voir aussi 5.2.16.1, colonne 6 du Tableau 3)	Tension de tenue aux chocs pour l'isolation renforcée entre circuits alimentés directement par le réseau et leur environnement pour la catégorie de surtension III (voir aussi 5.2.16.1, colonne 8, du Tableau 3)
	kV	kV	kV	kV
$\leq 50 \times \sqrt{2} \text{ V} = 71 \text{ V}$	0,5	0,8	0,8	1,5
$100 \times \sqrt{2} \text{ V} = 141 \text{ V}$	0,8	1,3	1,5	2,5
$150 \times \sqrt{2} \text{ V} = 212 \text{ V}$	1,5	2,4	2,5	4,0
$300 \times \sqrt{2} \text{ V} = 424 \text{ V}$	2,5	4,0	4,0	6,0
$600 \times \sqrt{2} \text{ V} = 849 \text{ V}$	4,0	6,4	6,0	8,0
$1 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 1,41 \text{ kV}$	6,0	9,6	8,0	12,0
$1,5 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 2,12 \text{ kV}$	8,0	12,8	10,5	16,5
$3 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 4,24 \text{ kV}$	14,0	22,4	17,0	27,0
$6 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 8,49 \text{ kV}$	25,0	40,0	33,0	53,0
$10 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 14,14 \text{ kV}$	38,0	60,8	52,0	83,0
	Interpolation autorisée		Interpolation jusqu'à $1 \times \sqrt{2} \text{ kV}$ interdite. Interpolation permise au-delà de $1 \times \sqrt{2} \text{ kV}$	

9.4.5.2 Essai diélectrique en tension alternative ou continue

L'objet de l'essai est de vérifier que la tenue diélectrique de l'EE monté est convenable.

C'est à la fois un essai de type et un essai individuel. Il doit être pratiqué en tant que tel.

9.4.5.2.1 Relation entre la tension diélectrique et la tension d'isolement assignée

La valeur de la tension d'essai diélectrique dépend de la valeur de la tension d'isolement assignée de chacun des circuits de l'EE. Cette dernière valeur doit être déterminée selon 5.2.16.2, à la fois pour les circuits alimentés directement par le réseau et pour ceux qui ne sont pas directement reliés au réseau.

La tension d'isolement assignée, donnée dans la colonne 1 du Tableau 18, est la valeur de crête répétitive de la plus haute tension apparaissant de façon permanente, aux conditions assignées, entre deux parties actives quelconques du circuit de l'EE, celui-ci étant utilisé dans ses conditions de fonctionnement spécifiées les plus défavorables. Si une mise à la terre permanente, directe, est réalisée à l'aide d'un conducteur de section suffisante, la tension d'isolement assignée doit être la valeur de crête de la tension la plus élevée apparaissant entre une partie active quelconque et la terre. L'interpolation entre les valeurs est autorisée.

Table 17 – Impulse test voltage

Rated insulation voltage (definition as given in 5.2.16.1 to 5.2.16.3)	Impulse withstand voltage for basic insulation of non-mains-circuits and environment according to overvoltage category II (see also 5.2.16.2, Table 4, column 6)	Impulse withstand voltage for reinforced insulation of non-mains-circuits and environment according to overvoltage category II (see also 5.2.16.2, Table 4, column 8)	Impulse withstand voltage for basic insulation of mains-circuits and environment according to overvoltage category III (see also 5.2.16.1, Table 3, column 6)	Impulse withstand voltage for reinforced insulation of mains-circuits and environment according to overvoltage category III (see also 5.2.16.1, Table 3, column 8)
	kV	kV	kV	kV
$\leq 50 \times \sqrt{2} \text{ V} = 71 \text{ V}$	0,5	0,8	0,8	1,5
$100 \times \sqrt{2} \text{ V} = 141 \text{ V}$	0,8	1,3	1,5	2,5
$150 \times \sqrt{2} \text{ V} = 212 \text{ V}$	1,5	2,4	2,5	4,0
$300 \times \sqrt{2} \text{ V} = 424 \text{ V}$	2,5	4,0	4,0	6,0
$600 \times \sqrt{2} \text{ V} = 849 \text{ V}$	4,0	6,4	6,0	8,0
$1 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 1,41 \text{ kV}$	6,0	9,6	8,0	12,0
$1,5 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 2,12 \text{ kV}$	8,0	12,8	10,5	16,5
$3 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 4,24 \text{ kV}$	14,0	22,4	17,0	27,0
$6 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 8,49 \text{ kV}$	25,0	40,0	33,0	53,0
$10 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 14,14 \text{ kV}$	38,0	60,8	52,0	83,0
	Interpolation permitted		Interpolation up to $1 \times \sqrt{2} \text{ kV}$ not permitted, above $1 \times \sqrt{2} \text{ kV}$ permitted	

9.4.5.2 AC or d.c. voltage insulation test

The test is used to verify that the insulation of assembled EE possesses adequate dielectric strength.

This test shall be performed both as type and routine test.

9.4.5.2.1 Relation of a.c. or d.c. test voltage to rated insulation voltage

The test voltage is based on the rated insulation voltage of each respective circuit of the EE. This rated insulation voltage shall be determined according to 5.2.16.2 both for mains-circuits and non-mains-circuits.

The rated insulation voltage in column 1 of Table 18 is the recurring peak value of the highest voltage appearing continuously at rated operation between any two live parts of the circuit of the EE during the most unfavourable operational condition with the EE used as intended. If continuous direct earthing of the circuit through conductors of sufficient current carrying capacity is provided, the peak value of the highest voltage occurring between any live part and earth is taken as the rated insulation voltage. Interpolation between the values is permitted.

La tension d'essai entre deux circuits de l'EE doit correspondre à la valeur de la tension d'isolement assignée la plus élevée des deux circuits.

9.4.5.2.2 Valeur et type de la tension d'essai

Les valeurs des tensions d'essai sont données dans les colonnes 2 et 3 du Tableau 18.

La colonne 2 donne les tensions d'essai s'appliquant aux circuits pourvus d'une isolation principale ou supplémentaire. Dans le cas de circuits isolés entre eux par une séparation de protection (isolation double ou renforcée), il convient que la tension d'essai appliquée ne soit pas supérieure à celle donnée dans la colonne 2 afin d'éviter que les décharges partielles ne détériorent l'isolant.

Les valeurs de tension d'essai de la colonne 3 correspondent au cas d'un EE disposant d'une protection contre les contacts directs conformément à 5.2.3 et 5.2.12 (EE de la classe de protection II), lorsque l'essai est effectué entre les circuits et les parties accessibles de l'EE conductrices ou non, mais qui ne sont pas reliées au conducteur de protection.

La tension d'essai doit être une tension sinusoïdale à 50 Hz ou 60 Hz. Si le circuit comporte des condensateurs, l'essai peut être effectué avec une tension continue de valeur égale à l'amplitude de la tension alternative spécifiée.

La valeur efficace de la tension d'essai, alternative ou continue ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 5 \%$ de la valeur exigée. Dans le cas des essais avec une tension continue, les valeurs instantanées ne doivent pas s'écarter de plus de $\pm 5 \%$ de la valeur moyenne.

Lorsqu'il y a des condensateurs dans des circuits auxiliaires dont la tension d'isolement assignée ne dépasse pas 50 V c.a. ou 120 V c.c., toute partie conductrice accessible reliée au condensateur doit être essayée par application d'une tension d'essai équivalente à la tension d'isolement assignée du circuit.

The test voltage between two circuits of EE shall have the value corresponding to that circuit with the higher rated insulation voltage.

9.4.5.2.2 Value and type of insulation test voltage

The values of the test voltage are determined from column 2 or 3 of Table 18.

The test voltage from column 2 is used for testing circuits with basic or supplementary insulation. Between circuits with protective separation (double or reinforced insulation), no higher test voltage than stipulated in column 2 should be applied. This is to prevent damage to the solid insulation by partial discharge.

The values of column 3 belong to EE with protection against direct contact according to 5.2.3 and 5.2.12 (EE for protective class II), where the test is carried out between circuit and accessible surface of EE, which is non-conductive or conductive but not connected to the protective conductor.

The voltage test shall be carried out with a sinusoidal voltage of 50 Hz or 60 Hz, as appropriate. If the circuit contains capacitors, the test may also be carried out with a d.c. voltage of a value equal to the peak value of the specified a.c. voltage.

The r.m.s. value of a.c. or d.c. test voltage shall not deviate from the required value by more than $\pm 5\%$. In case of d.c. test voltage, the instantaneous values shall not deviate more than $\pm 5\%$ from the mean value.

When capacitors are in non-mains-circuits which have a rated insulation voltage not exceeding 50 V a.c. or 120 V d.c., any exposed conductive part connected to the capacitor shall be tested by application of a test voltage equivalent to the rated insulation voltage of the circuit.

Tableau 18 – Tension d'essai diélectrique alternative ou continue

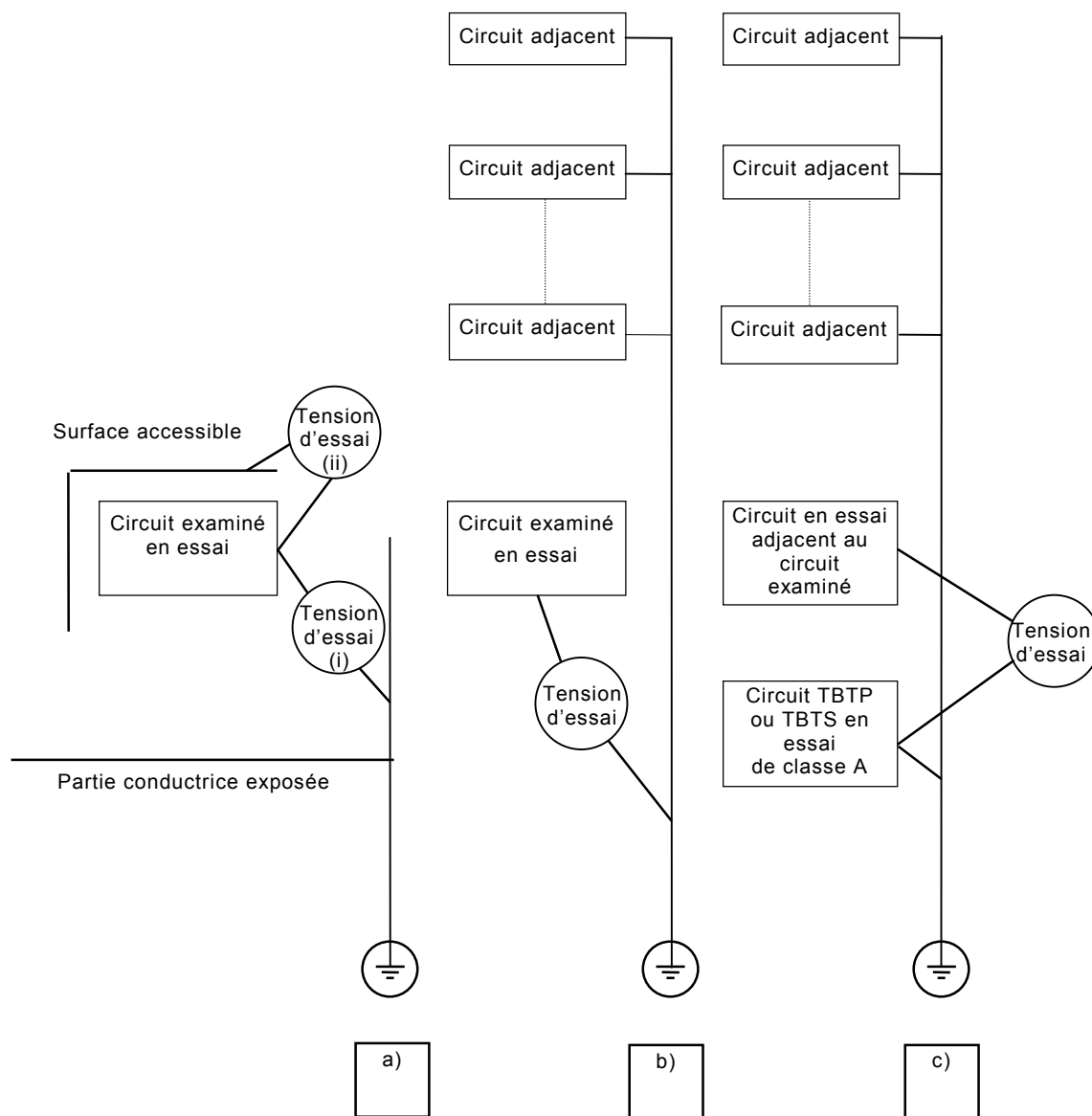
Tension d'isolement assignée (la définition est donnée en 9.4.5.2.1)	Valeur de la tension alternative et continue pour l'essai des circuits protégés par une isolation principale et des circuits isolés par une séparation de protection ⁴⁾		Valeur de la tension alternative ou continue pour l'essai de l'isolation entre les circuits et les surfaces accessibles (conductrices ou non, mais non reliées à une terre de protection, classe de protection II suivant 5.2.12) ⁴⁾	
	Tension alternative efficace kV	Tension continue kV	Tension alternative efficace kV	Tension continue KV
$\leq 50 \times \sqrt{2} \text{ V} = 71 \text{ V}$	0,35 ¹⁾	0,5	0,35 ¹⁾	0,5
$100 \times \sqrt{2} \text{ V} = 141 \text{ V}$	0,5 ¹⁾	0,7	0,7 ³⁾	1,0
$150 \times \sqrt{2} \text{ V} = 212 \text{ V}$	0,8 ¹⁾	1,1	1,3 ³⁾	1,8
$230 \times \sqrt{2} \text{ V} = 325 \text{ V}$	1,1 ²⁾	1,6	1,8 ³⁾	2,5
$300 \times \sqrt{2} \text{ V} = 424 \text{ V}$	1,2 ²⁾	1,7	2,2 ³⁾	3,1
$400 \times \sqrt{2} \text{ V} = 566 \text{ V}$	1,35 ²⁾	1,9	2,6 ³⁾	3,7
$600 \times \sqrt{2} \text{ V} = 849 \text{ V}$	1,65 ²⁾	2,3	3,5 ³⁾	5,0
$690 \times \sqrt{2} \text{ V} = 976 \text{ V}$	1,8 ²⁾	2,5	3,8 ³⁾	5,4
$1 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 1,41 \text{ kV}$	2,25 ²⁾	3,2	5,0 ³⁾	7,1
$1,5 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 2,12 \text{ kV}$	3,0 ²⁾	4,2	6,4 ³⁾	9,1
$3 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 4,24 \text{ kV}$	5,25 ²⁾	7,4	11,2 ³⁾	15,8
$6 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 8,49 \text{ kV}$	9,75 ²⁾	13,8	17,5 ³⁾	24,8
$10 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 14,14 \text{ kV}$	15,75 ²⁾	22,3	34,0 ³⁾	48,1
Interpolation autorisée entre toutes les gammes.				
1) Correspond à une tension de tenue aux chocs à 50 Hz ou 60 Hz pour l'essai de l'isolation principale conformément au Tableau 1 et au Tableau A.1 de la CEI 60664-1 (catégorie de surtension II). 2) Correspond à $1,5 U + 750 \text{ V}$ conformément à 3.3.3.2.2 de la CEI 60664-1 (U en volts efficaces). 3) Correspond à une tension de tenue aux chocs à 50 Hz ou 60 Hz pour l'essai de l'isolation renforcée conformément à 3.3.3.2.1 et au Tableau A.1 de la CEI 60664-1. 4) La source de tension utilisée dans l'essai doit avoir un courant de court-circuit au moins égal à 0,1 A conformément à 5.2.2.2 de la CEI 61180-1.				

Table 18 – AC or DC insulation test voltage

Rated insulation voltage (definition as given in 9.4.5.2.1)	Test voltage, a.c. and d.c., for testing circuits with basic insulation and circuits with protective separation ⁴⁾		Test voltage, a.c. and d.c., for testing between circuits and accessible surface (non-conductive or conductive but not connected to protective earth, protective class II according to 5.2.12) ⁴⁾	
	a.c. r.m.s. kV	d.c. kV	a.c. r.m.s. kV	d.c. kV
$\leq 50 \times \sqrt{2} \text{ V} = 71 \text{ V}$	0,35 ¹⁾	0,5	0,35 ¹⁾	0,5
$100 \times \sqrt{2} \text{ V} = 141 \text{ V}$	0,5 ¹⁾	0,7	0,7 ³⁾	1,0
$150 \times \sqrt{2} \text{ V} = 212 \text{ V}$	0,8 ¹⁾	1,1	1,3 ³⁾	1,8
$230 \times \sqrt{2} \text{ V} = 325 \text{ V}$	1,1 ²⁾	1,6	1,8 ³⁾	2,5
$300 \times \sqrt{2} \text{ V} = 424 \text{ V}$	1,2 ²⁾	1,7	2,2 ³⁾	3,1
$400 \times \sqrt{2} \text{ V} = 566 \text{ V}$	1,35 ²⁾	1,9	2,6 ³⁾	3,7
$600 \times \sqrt{2} \text{ V} = 849 \text{ V}$	1,65 ²⁾	2,3	3,5 ³⁾	5,0
$690 \times \sqrt{2} \text{ V} = 976 \text{ V}$	1,8 ²⁾	2,5	3,8 ³⁾	5,4
$1 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 1,41 \text{ kV}$	2,25 ²⁾	3,2	5,0 ³⁾	7,1
$1,5 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 2,12 \text{ kV}$	3,0 ²⁾	4,2	6,4 ³⁾	9,1
$3 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 4,24 \text{ kV}$	5,25 ²⁾	7,4	11,2 ³⁾	15,8
$6 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 8,49 \text{ kV}$	9,75 ²⁾	13,8	17,5 ³⁾	24,8
$10 \times \sqrt{2} \text{ kV} = 14,14 \text{ kV}$	15,75 ²⁾	22,3	34,0 ³⁾	48,1
Interpolation permitted throughout all ranges. 1) Corresponding to 50 Hz or 60 Hz withstand voltage for basic insulation according to Table 1 and Table A.1 of IEC 60664-1 (overvoltage category II). 2) Corresponding to $1,5 U + 750 \text{ V}$ according to 3.3.3.2.2 of IEC 60664-1 (U in V a.c. r.m.s.). 3) Corresponding to 50 Hz or 60 Hz withstand voltage for reinforced insulation according to 3.3.3.2.1 and Table A.1 of IEC 60664-1. 4) A voltage source with a short-circuit current of at least 0,1 A according to 5.2.2.2 of IEC 61180-1 is used for this test.				

9.4.5.2.3 Exécution de l'essai diélectrique

L'essai doit être effectué conformément à la Figure 16.



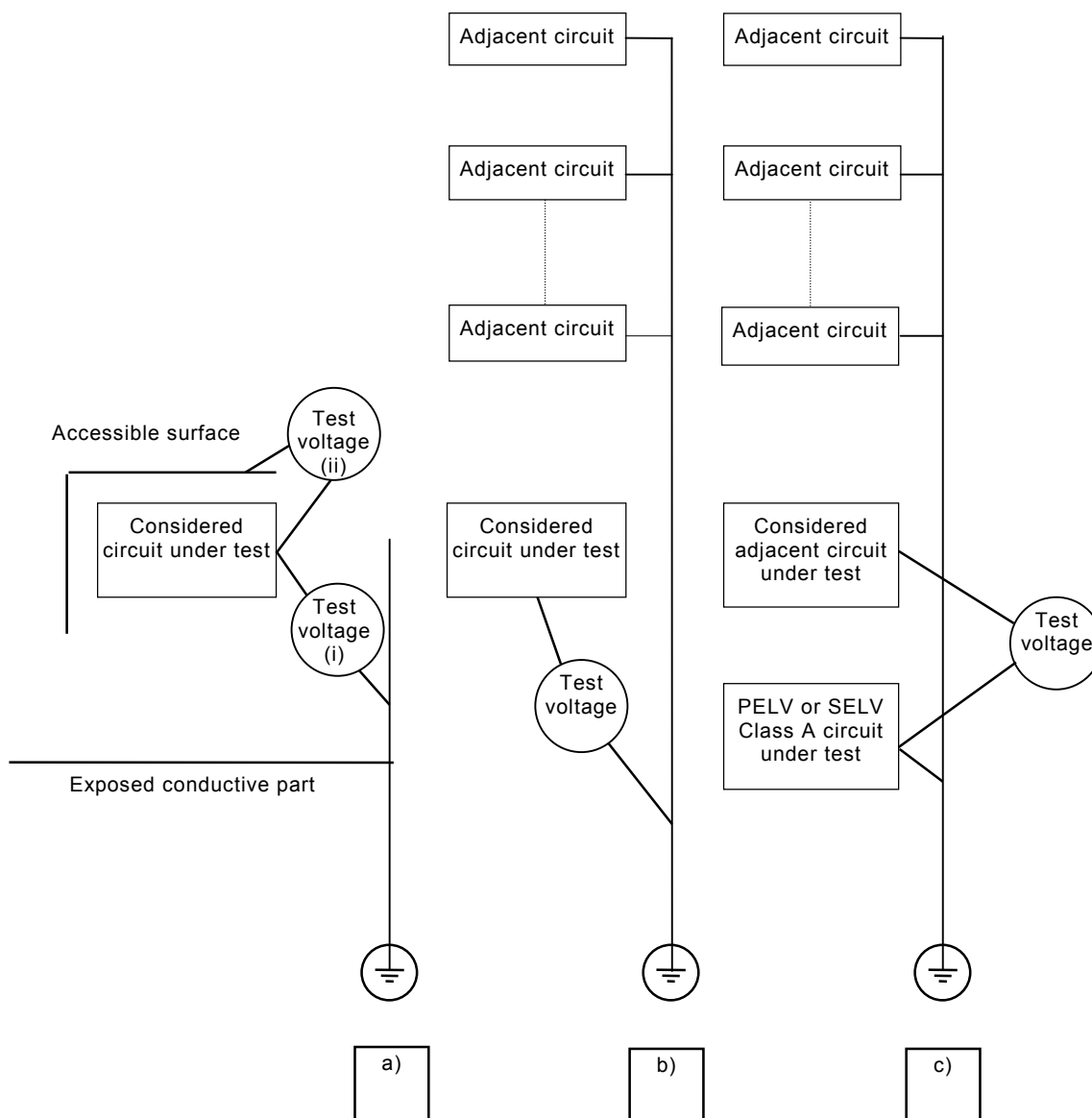
IEC 1776/03

- Essai (i) entre la partie conductrice exposée (reliée à la terre) et chaque circuit pris l'un après l'autre (à l'exception des circuits TBTS et TBTP). Tension d'essai conforme aux valeurs de la colonne 2 du Tableau 18, correspondant à U_{TIA} du circuit étudié en essai.
Essai (ii) entre la surface accessible (conductrice ou non, mais non reliée à la terre) et chaque circuit pris l'un après l'autre (à l'exception des circuits TBTS et TBTP). Tension d'essai conforme aux valeurs de la colonne 3 du Tableau 18, correspondant à U_{TIA} du circuit étudié en essai.
- Essai entre chaque circuit étudié pris l'un après l'autre et les autres circuits adjacents reliés ensemble. Tension d'essai conforme à la colonne 2 du Tableau 18, correspondant à U_{TIA} du circuit étudié en essai.
- Essai entre un circuit TBTS ou TBTP explicitement séparé ($U_M \leq 25 \text{ V c.a. ou } 60 \text{ V c.c.}$) et chaque circuit adjacent pris l'un après l'autre. Tension d'essai conforme à la colonne 3 du Tableau 18, correspondant au circuit ayant le U_{TIA} le plus élevé.

Figure 16 – Procédures d'essais de tension

9.4.5.2.3 Performing the insulation voltage test

The test shall be applied according to Figure 16.



IEC 1776/03

- Test (i) between exposed conductive part (connected to earth) and each circuit sequentially (except PELV or SELV circuits). Test voltage according to Table 18, column 2, corresponding to U_{RIV} of considered circuit under test.
Test (ii) between accessible surface (non conductive or conductive but not connected to earth) and each circuit sequentially (except PELV or SELV circuits). Test voltage according to Table 18, column 3, corresponding to U_{RIV} of considered circuit under test.
- Test between each considered circuit sequentially and the other adjacent circuits connected together. Test voltage according to Table 18, column 2, corresponding to U_{RIV} of considered circuit under test.
- Test between explicitly separated PELV or SELV circuit ($U_M \leq 25$ V a.c. or 60 V d.c.) and each adjacent circuit sequentially. Test voltage according to Table 18, column 3, corresponding to the circuit with the higher U_{RIV} .

Figure 16 – Voltage test procedures

Les essais diélectriques doivent normalement se faire portes fermées. L'essai par rapport à la masse n'est pas pertinent quand le circuit est électriquement relié à celle-ci, il peut alors être omis.

Pour assurer la continuité du circuit lors de l'essai de l'EE, les borniers, les contacts ouverts des interrupteurs, etc., doivent être court-circuités chaque fois que c'est nécessaire. Avant l'essai on peut débrancher les semi-conducteurs et les autres composants vulnérables, et court-circuiter leurs bornes pour éviter leur détérioration pendant l'essai.

Certains composants, en particulier les condensateurs de filtrage hautes fréquences, ne doivent pas être débranchés ou court-circuités avant l'essai. Il est recommandé dans ce cas d'utiliser une tension continue conformément à 9.4.5.2.2.

Si la surface accessible de l'EE est constituée dans sa totalité ou en partie d'une matière isolante, cette dernière doit, pour l'essai, être recouverte d'une feuille conductrice à laquelle on applique la tension d'essai. On peut, dans ce cas, réaliser l'essai diélectrique entre les circuits et la surface isolée sous forme d'essai par échantillonnage au lieu d'essai individuel.

Pour des raisons de sécurité, il est nécessaire que l'ensemble de l'EE soit soumis, au moins une fois dans sa totalité, à un contrôle sous les tensions spécifiées, même si cela implique que les sous-ensembles ou les parties d'équipements incorporés subissent, pour la deuxième ou la troisième fois, cette vérification à la tension d'essai assignée.

Les impédances de protection selon 5.2.8.3 peuvent être soit comprises dans le circuit à essayer, soit débranchées avant l'essai au niveau du point de liaison avec le circuit protégé. Dans ce dernier cas, la connexion doit être soigneusement remise en place après l'essai afin d'éviter toute détérioration de l'isolant. Pendant l'essai, les écrans de protection selon 5.2.18.3 doivent demeurer raccordés aux masses.

9.4.5.2.4 Durée et critères d'acceptation de l'essai diélectrique en continu ou en alternatif

La durée de l'essai doit être de 5 s pour l'essai de type et 1 s pour l'essai individuel. Il peut être effectué en appliquant une rampe de tension croissante ou décroissante, mais la pleine tension doit être appliquée pendant 5 s et 1 s respectivement pour un essai de type et pour un essai individuel. L'essai diélectrique appliqué au câblage peut être réduit à 50 ms en essai de type et en essai individuel.

L'essai est réputé satisfaisant si aucune perforation, aucun contournement, ni aucune décharge n'ont été constatés.

9.4.5.3 Essai de décharges partielles

Cet essai a pour objet de confirmer que l'isolation double ou renforcée des composants/ dispositifs, utilisée pour la séparation de protection des circuits (5.2.18.6 et de A.5.2.18.7 à A.5.2.18.10), reste dépourvue de décharges partielles dans la plage des tensions spécifiées.

L'essai doit être effectué conformément au Tableau 10, c'est un essai de type et un essai par échantillonnage. Il peut être omis sur les matériaux isolants réputés exempts de décharges partielles comme les céramiques.

Les paramètres qui influencent les tensions de seuil et d'extinction des décharges partielles sont liés aux conditions climatiques (par exemple température, humidité), à l'échauffement propre de l'équipement, et aux tolérances de fabrication. Ces influences peuvent être significatives sous certaines conditions, elles doivent être donc prises en compte durant l'essai de type.

Normally, the tests shall be performed with the doors of the enclosure shut. The voltage test to exposed conductive parts is not relevant when the circuit is electrically connected to exposed conductive parts and may be omitted.

To create a continuous circuit for the voltage test on the EE, terminals and open contacts on switches etc. shall be bridged where necessary. Before testing, semiconductors and other vulnerable components may be disconnected and their terminals bridged to avoid damage occurring to them during the test.

Individual components, in particular interference suppression capacitors, shall not be disconnected or bridged before the test. In this case, it is recommended to use the d.c. test voltage according to 9.4.5.2.2.

Where EE is totally or partly covered by a non-conductive accessible surface, for testing purposes, a conductive foil shall be wrapped around this surface to which the test voltage is applied. In this case, the insulation voltage test between circuit and non-conductive accessible surface may be carried out as a sample test instead of a routine test.

For reasons of safety it is necessary that EE, as a whole, be subjected at least once to a final check using the specified test voltages, even when this means that the sub-assemblies and equipment incorporated into the EE as a whole are subjected for a second or third time to tests at the rated test voltage.

Protective impedances according to 5.2.8.3 shall either be included in the testing or the connection to the protectively separated part of the circuit shall be opened at the joints before testing. In the latter case, the connection shall be carefully restored after the voltage test in order to avoid any damage to the insulation. Protective screens according to 5.2.18.3 shall remain connected to exposed conductive parts during the voltage test.

9.4.5.2.4 Duration and verification of the a.c. or d.c. voltage test

The duration of the test shall be 5 s for the type test and 1 s for the routine test. The test voltage may be applied with increasing and/or decreasing ramp voltage but the full amount shall be maintained 5 s and 1 s respectively for type and routine tests. The duration of the test may be reduced to 50 ms for type and routine testing of wiring.

The test is successfully passed if neither puncture nor flashover nor sparkover has occurred during the test.

9.4.5.3 Partial discharge test

The partial discharge test shall confirm that the double or reinforced insulation within components/devices (5.2.18.6 and A.5.2.18.7 to A.5.2.18.10) applied for protective separation of electrical circuits remains partial-discharge-free within the specified voltage range.

This test is to be carried out according to Table 10 as a type test and a sample test. It may be deleted for insulating materials which are free of partial discharge, for example ceramics.

Variables which influence the partial discharge inception and extinction voltage are climatic factors (for example temperature and moisture), equipment self heating and manufacturing tolerance. These influencing variables are significant under certain conditions and shall therefore be taken into account during type testing.

Tableau 19 – Essai de décharges partielles

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	4.1.2.4 de la CEI 60664-1
Référence de l'exigence	Conformément à 5.2.18.5
Préparation	Les parties actives d'un même circuit doivent être reliées ensemble. Il est recommandé d'effectuer l'essai de décharges partielles après avoir réalisé l'essai de tenue aux chocs selon 9.4.5.1, de façon à détecter toute détérioration de l'isolation, consécutive à ce dernier. Il est plus judicieux d'effectuer l'essai de décharges partielles sur les composants/dispositifs avant leur montage dans l'EE, en effet il n'est généralement pas possible de tirer des conclusions pertinentes sur les causes des décharges dans un équipement complètement assemblé.
Mesure initiale	Conformément à la spécification du composant/dispositif
Equipement d'essai	Dispositif de mesurage à charge étalonnée, ou générateur d'impulsions sans filtres impulsionnels
Circuit d'essai	C.1 de la CEI 60664-1
Méthode d'essai	4.1.2.4 de la CEI 60664-1, les facteurs F1, F3, et F4 étant réduits à 1; la procédure d'essai suivant 4.1.2.4.2 de la CEI 60664-1 doit être remplacée par celle de D.1 de la CEI 60664-1
Etalonnage de l'équipement d'essai	C.4 de la CEI 60664-1
Mesures	Conformément à C.2.1 et D.1 de la CEI 60664-1, en commençant par une valeur inférieure à la valeur assignée, selon 5.2.18.5, alinéa 2, puis en augmentant jusqu'à la tension de seuil de décharge partielle. La tension d'essai doit être ensuite augmentée de 10 %, sans toutefois dépasser 1,875 fois la tension assignée d'isolement conformément à 9.4.5.2.2 (colonne 1 du Tableau 18).
Tension d'extinction	La tension doit être alors réduite jusqu'à l'extinction de la décharge. La tension d'extinction doit être obtenue une fois que la quantité d'électricité a été réduite à 10 pC. Cette tension d'extinction doit être mesurée avec une précision de $\pm 5\%$.
Acceptation	L'essai est réputé réussi, si la valeur de crête de la tension d'extinction dépasse de 1,25 fois la valeur assignée définie en 5.2.18.5.

(Voir Annexe A).

9.4.5.4 Mesure de la résistance d'isolement sur le site

Cet essai doit être effectué sur le site, tel que défini en 5.3. Conformément à la CEI 60364-6-61 la résistance d'isolement des conducteurs d'interconnexion doit être mesurée:

- entre les conducteurs actifs, pendant le montage de l'installation, et avant le raccordement des appareils;
- entre chaque conducteur actif et la terre.

La résistance d'isolement est satisfaisante si, mesurée avec la tension d'essai indiquée dans le Tableau 20, le résultat pour chacun des circuits (équipements d'application débranchés) a une valeur supérieure à la valeur appropriée indiquée dans ce même Tableau.

Table 19 – Partial discharge test

Subject	Test conditions
Test reference	4.1.2.4 of IEC 60664-1
Requirement reference	according to 5.2.18.5
Preconditioning	Live parts belonging to the same circuit shall be connected together. It is recommended to conduct the partial discharge test after the impulse voltage test in order to recognize any damage caused by the impulse voltage test according to 9.4.5.1. It is advisable to perform the partial discharge test before inserting the components/ devices into the equipment as generally no conclusion is possible on the reason of partial discharge when the equipment is assembled.
Initial measurement	According to specification of component/device
Test equipment	Calibrated charge measuring device or radio interference meter without weighting filters
Test circuit	C.1 of IEC 60664-1
Test method	4.1.2.4 of IEC 60664-1, F1, F3 and F4 reduced to 1; test procedure in 4.1.2.4.2 of IEC 60664-1 replaced by D.1 of IEC 60664-1
Calibration of test equipment	C.4 of IEC 60664-1
Measurement	According to C.2.1 and D.1 of IEC 60664-1, starting from a value below the rated value according to paragraph 2 of 5.2.18.5 up to the point at which partial discharge takes place (inception voltage). The test voltage shall then be further increased by 10 %, but the peak value shall not exceed 1,875 times the rated insulation voltage in accordance with 9.4.5.2.2 (column 1 of Table 18).
Extinction voltage	The voltage shall then be lowered to the point at which the partial discharge extinction voltage is reached. The extinction voltage shall be considered to be reached once the charge intensity has dropped to a value of 10 pC. This voltage shall be measured at ± 5 %.
Verification	The test shall be considered to be successfully passed if the peak value of the partial discharge extinction voltage is greater than 1,25 times the rated value defined in 5.2.18.5.

(See Annex A).

9.4.5.4 In-situ insulation resistance test

This test shall be performed on site as given in 5.3. According to IEC 60364-6-61, the insulation resistance of interconnecting conductors shall be measured

- between the live conductors during the erection of the installation, before the connection of the appliances;
- between each live conductor and earth.

The insulation resistance, measured with the test voltage values indicated in Table 20, is acceptable if each circuit (with the appliances disconnected) has an insulation resistance not less than the appropriate value given in Table 20.

Tableau 20 – Valeur minimale de la résistance d'isolement ¹⁾

Tension nominale du circuit	Tension continue d'essai V	Résistance d'isolement MΩ
TBTS, TBTP, et TBTF, quand le circuit est alimenté par un transformateur de sécurité (voir CEI 60364-4-41) et qu'il est conforme aux exigences de la CEI 60364-4-41 ²⁾ .	250	≥0,25
Jusqu'à et y compris 500 V, avec l'exception ci-dessus	500	≥0,5
Supérieure à 500 V	1 000	≥1,0
¹⁾ Ce Tableau ne s'applique qu'aux câbles de puissance. Pour les câbles de transmission de signaux, voir les exigences d'isolement de A.9.4.6.5. ²⁾ Pour l'interprétation de cet article, les circuits TBTS, TBTP et TBTF sont considérés comme des systèmes différents.		

9.4.5.5 Impédance de protection, écran de protection

La valeur de l'impédance de protection doit être mesurée au cours de l'essai de type et de l'essai individuel. Pendant l'essai de type, on s'assurera que la valeur mesurée est suffisamment élevée, conformément à 5.2.8.3.

Les instructions relatives aux essais d'écrans de protection sont actuellement à l'étude.

9.4.6 Essais d'environnement électrique

Les essais de type de la CEM ont pour objet de vérifier que l'EE est au niveau de compatibilité requis dans son environnement opérationnel final avec une marge de sécurité adéquate, lui permettant de fonctionner correctement suivant ses spécifications.

Alors que les parties constitutantes d'un système peuvent avoir à satisfaire individuellement les exigences des normes CEM qui leurs sont applicables, le système dans lequel elles sont intégrées doit lui aussi respecter des exigences de compatibilité applicables.

Pour le moment les normes de CEM ne concernent que les EE alimentés par une tension inférieure à 1000 V, et se réfèrent généralement à des valeurs mesurées en laboratoire. Il s'en suit que ces normes ne peuvent s'appliquer à des EE ou des systèmes importants qui ne peuvent être essayés que par des méthodes *in situ* appropriées, ou évaluées par des calculs ou des simulations sur lesquels un accord a été établi (voir A.9.4.6.4 à A.9.4.6.5).

9.4.6.1 Perturbations électromagnétiques émises

Les normes listées ci-dessous soit contiennent la description des essais de type nécessaires, soit se réfèrent aux normes de base où les essais d'émission des perturbations conduites ou rayonnées sont définis:

- les normes de CEM de produit ou de famille de produits;
- ou quand elles n'existent pas, les normes génériques de la série CEI 61000-6.

9.4.6.2 Immunité aux perturbations électromagnétiques

Les normes listées ci-dessous soit contiennent la description des essais de type nécessaires, soit se réfèrent aux normes de base où les essais d'immunité aux perturbations électromagnétiques sont définis:

- les normes de CEM de produit ou de famille de produits;
- ou quand elles n'existent pas, les normes génériques de la série CEI 61000-6.

Table 20 – Minimum value of insulation resistance ¹⁾

Nominal circuit voltage	Test voltage V d.c.	Insulation resistance MΩ
PELV, SELV and FELV, when the circuit is supplied from a safety transformer (see IEC 60364-4-41) and also fulfils the requirements of IEC 60364-4-41 ²⁾ .	250	≥0,25
Up to and including 500 V, with the exception of the above cases	500	≥0,5
Above 500 V	1 000	≥1,0

¹⁾ This Table refers to power cables only. For signal carrying cables, see A.9.4.6.5.

²⁾ In interpreting this clause, SELV, PELV and FELV are considered to be different voltage systems.

9.4.5.5 Protective impedance, protective screening

In the course of type and routine testing, the value of the protective impedance shall be measured. During type testing, it shall be ascertained according to 5.2.8.3 that the value measured is sufficiently high.

Instructions for the testing of protective screening are under consideration.

9.4.6 Electrical environmental tests

EMC type tests shall establish that the EE achieves with an adequate margin the compatibility level required in its final working environment, in order that it performs satisfactorily according to its specification.

Whilst the component parts of a system may have to comply individually with the relevant EMC standard, their integration into a system shall fulfil the EMC requirement when applicable.

At the moment, EMC standards apply only to EE connected to supply voltage under 1 000 V, and most generally refer to limits measured in laboratory tests. These standards therefore do not apply to large EE(s) or systems, which can only be tested by appropriate *in situ* methods, or assessed by agreed calculation or simulation (see A.9.4.6.4 to A.9.4.6.5).

9.4.6.1 Emission of electromagnetic disturbance

The standards listed below contain the necessary type tests or refer to basic standards where the tests are defined for emission of conducted and radiated disturbances

- EMC product or EMC product family standards;
- or, if not available, EMC generic emission standards in the IEC 61000-6 series

9.4.6.2 Immunity from electromagnetic disturbance

The standards listed below contain the necessary type tests or refer to basic standards where the tests are defined for immunity from electromagnetic disturbances

- EMC product or EMC product family standards;
- or, if not available, EMC generic immunity standards of the IEC 61000-6 series

Les essais doivent être effectués comme des essais de type lorsque l'EE est utilisé comme prévu (par exemple avec les portes de l'armoire fermées).

9.4.6.3 Capacité de tenue au court-circuit

Les modalités de cet essai sont données dans le Tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 – Capacité de tenue au court-circuit

Objet	Conditions de l'essai		
Référence de l'essai	Aucune		
Référence de l'exigence	Selon 6.3.4		
Préparation Mesures initiales	Conformément à la spécification du constructeur Conformément à la procédure de vérification de 9.1.3		
Conditions Durée de l'essai	Combinaison des conditions les plus défavorables de tension d'alimentation et de température Jusqu'à l'obtention d'une température stabilisée, en tout cas ≥ 10 min		
Mesures et critères d'acceptation	Bornes de sorties		
	Protégées contre le court-circuit	Protégées conditionnellement	Non protégées
	L'EE fonctionne toujours suivant ses spécifications après suppression du court-circuit	Pas de détérioration additionnelle après le fonctionnement du dispositif de protection. Fonctionnement normal de l'EE après suppression du court-circuit et remise en état de la protection	On doit s'assurer que les exigences de 6.3.4 sont respectées
	Lorsque la combinaison des conditions les plus défavorables ne peut être appliquée, l'essai peut être réalisé aux valeurs assignées	En cas d'impossibilité, la preuve apportée par le calcul est recevable et doit être fournie	

9.4.7 Essai de qualification

L'essai de qualification a pour objet de démontrer que l'EE fonctionne correctement, suivant les spécifications fonctionnelles relatives à toutes ses performances. L'essai doit être effectué selon les modalités présentées en 9.1.2.

9.4.7.1 Essai de qualification (en essai de type)

L'essai de qualification est constitué par une série exhaustive de mesures et d'observations des caractéristiques et des performances de l'EE, afin de démontrer par comparaison avec l'essai initial de performance qu'aucune détérioration inacceptable n'a été provoquée par l'essai de type, conformément à 9.1.3.

Durant cet essai, on doit vérifier le fonctionnement sans défauts de l'EE dans les limites fixées en 6.1 et 6.3. Cela s'applique également aux variations de la tension d'alimentation suivant 6.3.2.1 et 6.3.3. Dans certains cas pour lesquels un accord est défini (par exemple EE de forte puissance ou lorsqu'il n'y a pas de plate-forme d'essai accréditée capable d'exécuter l'essai), l'essai complet dans les limites spécifiées peut être remplacé par des calculs validés.

9.4.7.2 Essai de qualification (en essai individuel)

Il a pour objet de s'assurer que l'EE fonctionne normalement et que les dispositifs de protection et de surveillance (à l'exception des fusibles) fonctionnent correctement.

The tests shall be carried out as type tests when the EE is used as intended (for example with cubicle doors closed).

9.4.6.3 Short-circuit withstand capability

The conditions for this test are listed in Table 21 below.

Table 21 – Short-circuit withstand capability

Subject	Test conditions		
Test reference	None		
Requirement reference	According to 6.3.4		
Preconditioning Initial measurement	According to manufacturer's specification According to 9.1.3, verification procedure		
Conditions Duration of test	With the worst combination of supply voltage and temperature Until steady state temperature is attained, however ≥ 10 min		
Measurement and verification	Output terminals		
	Short-circuit-proof	Conditionally short-circuit-proof	Non-short-circuit-proof
	EE still operates as intended after removal of the short-circuit	It shall be ensured whether in addition to the response of protective device, any damage has occurred. After removal of the short-circuit and resetting the protective device the EE operates as intended.	It shall be ensured that the requirements as specified in 6.3.4 are satisfied.
	Where the worst combination is not practicable, the test may be carried out at rated values	Where this is not practicable, a calculation would be acceptable and shall be provided	

9.4.7 Performance test

Performance tests shall be designed to demonstrate that the EE functions correctly for all performance aspects of its functional specification. The test shall be performed under the conditions given in 9.1.2.

9.4.7.1 Performance test (type testing)

The performance test shall consist of a comprehensive series of measurements and observations of the characteristics and performance of the EE to demonstrate by comparison with the initial performance test according to 9.1.3 that no unacceptable deterioration has occurred as a result of the type testing.

During the performance test (type testing), the flawless functioning of EE shall be verified within the limits stated in 6.1 and 6.3. This also applies to supply voltage variations according to 6.3.2.1 and 6.3.3. In agreed cases (for example such as high power EE and also where no accredited test house capable of the test exists), full testing within the limits stated may be replaced by proven calculation.

9.4.7.2 Performance test (routine testing)

It shall be ascertained by performance test (routine testing) that the EE operates as intended and the protective and monitoring devices operate properly (exception: fuses).

9.4.7.3 Essai de qualification (en essai sur site)

Il doit être effectué une fois l'EE complètement installé, alimenté normalement à partir de son réseau spécifié, et correctement raccordé à tous les équipements et produits associés. Il convient de s'assurer que tous ces équipements ont bien subi un essai séparé avant de procéder à l'essai final.

La vérification du fonctionnement de l'EE une fois installé, effectuée pendant la mise en service, est considérée comme un essai de qualification.

NOTE La qualification d'ensembles importants d'EE n'est pas toujours possible dans une structure d'essai, à cause soit du volume de l'ensemble, soit de la forte puissance nécessaire à l'essai.

(Voir A.9.4.8).

9.4.7.3 Performance test (site testing)

The performance test (site testing) will be carried out with the EE fully installed and powered from the supplies as specified and correctly interfaced with all its associated parts of the plant and equipment. It should be established that all associated parts of the plant and EE has undergone separate tests before final system tests proceed.

Verification of the functioning of the EE in the installation during commissioning is considered as a performance test.

NOTE A performance test of large assemblies of EE(s) is not always possible in the test set-up because of the volume of the assembly and/or the high power necessary for testing.
(See A.9.4.8).

Annexe A (informative)

Informations supplémentaires

La présente Annexe donne des informations supplémentaires sur les paragraphes de la partie normative.

Pour des raisons de commodité, les articles et paragraphes de l'Annexe A et les parties correspondantes de la partie normative ont la même numérotation.

A.4 Spécifications système

A.4.4 Mise à la terre

Masse et terre

La mise à la terre dans le cas des équipements électroniques est utilisée non seulement pour réduire les effets des perturbations, mais aussi et surtout comme moyen de protection pour la sécurité des personnes et des biens. S'il y a conflit entre ces deux exigences, c'est toujours la sécurité des personnes qui devra primer.

La terre est la masse conductrice de la Terre, dont le potentiel électrique en chaque point est pris par convention égal à zéro.

On peut en général définir une masse comme un point ou un plan de liaisons équipotentielles servant de référence de tension à un circuit ou à un système. Cette tension peut être ou non au potentiel de la terre.

Il est souvent commode de considérer les masses et les terres sous les deux rubriques suivantes:

- mise à la terre fonctionnelle;
- mise à la terre de protection.

La terre de protection est traitée en 5.2.9.2 à 5.2.9.8 et 5.3.2.

Toutefois, du point de vue de la CEM, il est préférable de combiner les exigences fonctionnelles et les exigences de protection.

A.4.4.1 Mise à la terre fonctionnelle

Les conducteurs prévus pour la mise à la terre fonctionnelle peuvent aussi véhiculer des signaux ou des courants de commande, ils peuvent également servir d'écran électrique pour ces signaux. En aucun cas, ces conducteurs ne devraient affaiblir les effets des mesures de protection spécifiées dans la CEI 60364-4-41.

NOTE Dans certains cas, une mise à la terre impédante (condensateurs HT/HF), ou même un fonctionnement sans liaison à la terre peut se révéler avantageux.

Un conducteur ou une liaison de masse destiné à une mise à la terre fonctionnelle n'est signalé par les couleurs vert/jaune que dans le cas où il sert également de mise à la terre de protection. Les conducteurs et les liaisons de masse destinés exclusivement à la mise à la terre fonctionnelle portent un marquage différent.

Annex A (informative)

Additional information

This Annex contains additional information on the subclauses of the normative part.

For convenience the clauses in Annex A and in the normative part have the same numbering.

A.4 Requirements for the entire system

A.4.4 Earthing requirements

Earthing and grounding

Earthing in EE is used not only to reduce the effects of interference but also, and more importantly, for reasons of safety and protection of property. Where there is any conflict between these requirements, safety and protection always take precedence.

Earth is the conductive mass of the Earth, whose electrical potential at any point is conventionally taken as zero.

In the most general sense for this standard, a ground can be defined as an equipotential point or plane which serves as a reference voltage for a circuit or system. It may or may not be at the earth potential.

It is convenient to consider earthing and grounding under the following headings:

- protective earthing;
- functional grounding/earthing.

Protective earthing is dealt with in 5.2.9.2 to 5.2.9.8 and 5.3.2.

However, the protective and the functional requirements can be combined, which is preferable from the EMC point of view.

A.4.4.1 Functional grounding/earthing

Conductors provided for functional grounding/earthing may also carry signal or operating currents, or may provide a screening function for such signals. In no circumstances should functional grounding/earthing conductors impair the protective measures as specified in IEC 60364-4-41.

NOTE In some cases, grounding via impedances (HF/HV capacitors), or groundless operation is advantageous.

A conductor or bonding link for functional earthing is only marked green/yellow if it is used simultaneously for protective earthing. Conductors and bonding links which solely provide functional grounding have different marking.

Une mise à la terre fonctionnelle est obtenue, en court-circuitant tout champ électromagnétique perturbateur externe, entourant les conducteurs, par un chemin de faible impédance. Il convient toutefois d'attirer l'attention du concepteur sur les:

- écrans de câbles;
- blindages, chemins et conduits de câbles;
- conducteurs de référence;
- écrans de transformateurs;
- conducteurs de liaison à la terre des filtres;
- écrans pour fréquences radio.

A.4.4.1.1 Blindages de câbles

Il convient, dans les considérations relatives au blindage des câbles et à leur éventuelle mise à la terre, de prendre en compte les aspects suivants:

- caractéristiques de l'environnement électromagnétique (par exemple, perturbations transitoires, champ électromagnétique HF, élévation du potentiel BF de la terre, etc.) ;
- type du circuit incriminé (signaux bas niveau, commandes (entrée/sortie de processus, communications), alimentation, etc.) ;
- matériau de blindage (par exemple ruban ou feuille de cuivre, feuille d'étain, etc.).

En général, il convient de suivre les lignes directrices suivantes:

Pour les circuits de signaux basse fréquence et bas niveau: lorsque les circuits sont équipés de filtres CEM, il est préférable de prévoir une mise à la terre en un seul point. Il faut dans ce cas tenir compte des points suivants lors de la conception:

- a) Il convient de maintenir les écrans des câbles isolés sur toute la longueur de leur cheminement dans l'installation jusqu'à la liaison intentionnelle à la terre (par exemple, au point central de mise à la terre de l'installation).
- b) Les armoires peuvent être équipées d'une barre de masse métallique, isolée ou non, à laquelle sont connectés tous les écrans des câbles et eux seuls. Il convient que cette barre soit reliée au châssis par des condensateurs HF/HT. Il convient toutefois de prévoir sa liaison à la terre centrale par une liaison interne, qui pourra être débranchée lors d'essais ou lors de la maintenance.
- c) Lorsqu'un câble véhiculant des signaux est mis à la masse à une extrémité, il convient de relier l'écran de ce câble à cette même extrémité. Il convient d'effectuer la mise à la masse de tous les circuits de signaux d'un câble multi-brin à une même extrémité.

Comme la mise à la terre en un point unique ne réduit pas les perturbations transitoires en mode commun, par exemple celles dues aux coups de foudre ou aux manœuvres, il convient d'utiliser, si la sécurité de l'EE le nécessite, des câbles à double écrans, des chemins ou des conduits métalliques comme cela est indiqué en A.4.4.1.2.

Pour les circuits signaux haute fréquence: dans ce cas, le système de mise à la terre en un seul point n'est pas efficace. Il est préférable de relier à la masse l'écran du câble directement à une extrémité (comme pour la mise à la terre unique) par une liaison la plus courte possible, et de mettre l'autre extrémité à la terre, soit directement, soit indirectement au moyen d'un condensateur approprié, haute tension, haute fréquence. Cette disposition s'applique aussi aux câbles coaxiaux et tri-axiaux.

Pour les câbles de communication et d'alimentation: on peut adopter la mise à la terre unique ou multiple; la mise à la terre multiple est parfois préférée afin de réduire les perturbations transitoires de haut niveau en mode commun.

Functional grounding/earthing is obtained by providing a low impedance path which acts to short-circuit any external interfering electromagnetic field enclosing the operating conductors. However, attention should be paid to the design of the following:

- cable screens;
- armoring, conduits and cable trays;
- reference conductors;
- transformer screens;
- filter returns;
- radio frequency screens.

A.4.4.1.1 Cable screens

In the discussion of cable shields and relative ground connection, the following aspects should be considered:

- characteristic of the electromagnetic environment (for example transient disturbances, HF electromagnetic field, LF ground potential rise, etc.);
- type of circuit involved (low level signals, controls (process input/output, communications), power supply etc.);
- type of shield (for example copper foil or braid, tin foil etc.).

In general, the following guidelines should be followed:

For signal circuits operating at low frequencies and at low level: where circuits are equipped with an EMC filter-barrier, a single point earthing system is preferred. This requires consideration of the following design points:

- a) Cable screens should be kept electrically separate throughout an installation until they are deliberately grounded or earthed (for example at the central earth point of the installation).
- b) Cubicles may be fitted with a non-insulated or insulated metallic grounding bar to which all cable screens, but nothing else are connected. This latter should be connected to the chassis by means of HF/HV capacitors. Provision should be made for connecting this bar to the central earth point via an internal link which may be removed for test/maintenance purposes.
- c) Where a signal is grounded, then the cable screen should also be grounded at the "grounded signal" end of the cable. The grounding of all signal circuits in one multicore cable should be provided at the same end.

Because a single point earthing system does not reduce transient common mode disturbances, for example due to lightning or switching, whenever necessary for EE safety, the use of double shielded cables, metallic trays or conduits as in A.4.4.1.2 should be considered.

For signal circuits operating at high frequencies: a single point grounding system will not be effective. It is preferred to ground the cable screen directly at one end (as for the single point ground) but with a very short connection, and directly or at least indirectly at the other end by a suitable high frequency, high voltage capacitor. This also applies to co-axial and tri-axial cables.

For communication and power supply cables: single or multiple ground connection can be adopted; multiple ground connection is sometimes preferred to reduce high levels of common mode transient disturbances.

Il est possible de mettre directement à la masse/à la terre les deux extrémités de l'écran d'un câble, si ces connexions font partie du même circuit de terre (plaque, maillage ou réseau). Ce type d'écran de protection ne devrait jamais être utilisé pour des signaux analogiques basse fréquence, à l'extérieur de l'armoire (plan de tension nulle). Il convient que les liaisons terre-blindage soient aussi courtes que possible.

Lorsque l'écran est directement relié à la terre aux deux extrémités, il convient de vérifier sa capacité en courant. On peut améliorer le réseau de terre par l'installation de conducteurs de terre supplémentaires dans le chemin de câble, afin d'augmenter la sécurité, en cas de défaut à la terre dans l'installation.

A.4.4.1.2 Blindage, conduits et chemins de câbles

En général, le blindage est seulement conçu pour la protection mécanique des câbles; il peut toutefois être également utilisé comme un écran supplémentaire, dans ce cas, les dispositions définies pour les écrans des câbles s'appliquent.

Il convient de prévoir lors de la conception de l'installation l'isolation du blindage des câbles sur toute la longueur de leur cheminement dans l'installation. Ceci peut être réalisé en utilisant par exemple des presse-étoupe isolés jusqu'au point où le blindage est intentionnellement mis à la terre.

Les conduits et chemins de câbles métalliques peuvent aussi concourir à la protection des câbles. L'efficacité de la protection peut être améliorée par la mise en place de liaisons électriques entre parties adjacentes et la terre.

A.4.4.1.3 Conducteurs de référence

Il convient que les conducteurs de référence, (appelés aussi zéro de signal, référence de tension nulle, terre de grande qualité, ou terre de signal) qui peuvent véhiculer des signaux de courants soient individuellement isolés et raccordés au point de référence de l'alimentation associée. Cette règle ne s'applique pas aux plans de tension nulle. La protection par écran peut être requise occasionnellement pour réduire l'action sur ces lignes, dans ce cas on appliquera aussi les dispositions de A.4.4.1.1.

A.4.4.1.4 Ecrans de transformateur

Il convient de relier par une liaison de très faible inductance à la terre de protection (châssis) les écrans entre les bobinages des transformateurs de fréquence d'alimentation.

A.4.4.1.5 Filtres de retour

Ils comprennent les composants qui fournissent une voie de détournement de faible impédance pour les signaux perturbateurs. En général, il convient de relier les filtres d'alimentation de puissance à la terre locale (châssis), et les filtres RF au point de référence de l'alimentation (châssis), par des liaisons de très faible inductance (voir la note de A.4.4.1.6).

A.4.4.1.6 Ecrans aux fréquences radio (RF)

Il convient de relier au châssis métallique adjacent, en autant de points qu'il est nécessaire pour assurer une bonne protection, les parties métalliques utilisées pour la protection vis-à-vis des fréquences radio (par exemple, le plan de référence d'un circuit imprimé).

NOTE Les circuits intégrés numériques émettent des rayonnements aux fréquences radio et nécessitent donc généralement des conducteurs de référence de tension nulle et de bonne qualité. Dans les circuits imprimés multicouches, on préférera, pour les circuits de référence et d'alimentation des plans entièrement métallisés.

It is possible to connect both ends of a cable screen directly to ground/earth where the connections are in the same earth line system (i.e. plates, mat or grid). This type of screening should never be used for low frequency analogue applications (signals) outside the cubicle (zero volt plane). The connection of the screens should be as short as possible.

When the shield is directly connected to ground at the ends, its current carrying capability should be verified. Improvement of the ground network, with additional ground conductors installed in the cable path, can be considered as improvement to the safety of the cables under ground fault condition in the installation.

A.4.4.1.2 Armouring, conduits and cable trays

In general, cable armouring is used only for mechanical protection; however it may also be used to provide additional screening, in which case the requirements, defined for cable screens will also apply.

The design of the installation should provide for cable armouring to be kept electrically separate throughout the installation, for instance by the use of insulated glands, unless the armouring is deliberately earthed.

Conduits and metallic cable trays can provide shielding of cables; the shielding efficiency can be improved by provision of good electrical bonding between adjacent parts and to ground.

A.4.4.1.3 Reference conductors

The reference conductors (alternatively called signal zero lines, zero voltage reference lines, high quality earths or signal earths and commons) which may be carrying signal currents should be individually insulated and returned to the reference point of the related power supply. This rule does not apply for zero volt planes. Occasionally, screening may be required to reduce pick-up on these lines in which case A.4.4.1.1 will also apply.

A.4.4.1.4 Transformer screens

Inter-winding screens of supply frequency transformers should be connected via a substantially inductance free connection to the local protective ground (chassis).

A.4.4.1.5 Filter returns

Filters include shunt components which provide a low impedance diversion path for interference signals. In general, power supply filters should be connected to the local ground (chassis) and RF filters should be connected to the power supply reference point (chassis) both via substantially inductance free connections (see note in A.4.4.1.6).

A.4.4.1.6 Radio frequency (RF) screens

Metalwork used for radio frequency shielding purposes should normally be connected to the adjacent metal structure, for example a reference plane on a printed wiring board, at as many points as are necessary to secure adequate shielding.

NOTE Digital circuits are radiators of RF power and multiple, good quality zero volt reference conductors are generally required. Multi-layer printed circuit boards, with the reference (zero volt) line and power supply provided by complete metal planes, are preferred.

A.5 Règles de sécurité

A.5.2.4 Protection au moyen d'enveloppes et de barrières

Les règles suivantes s'appliquent aux ouvertures réalisées dans les enveloppes et les barrières:

- L'essai suivant est applicable aux barrières ou aux enveloppes conductrices reliées au conducteur de protection: il convient d'insérer le doigt d'essai (voir Figure 3 de la CEI 60529) dans les ouvertures avec une force de pénétration de 10 N conformément à l'article 12 de la CEI 60529. Il convient que le doigt d'essai ne touche aucune partie active de circuit, dont la tension déterminante (voir 5.2.13) est au plus égale à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c. (cas 3 a. de la Figure 3 de 5.2.3). Il convient qu'il reste à une distance égale à celle de l'isolation principale de toute partie active des circuits, dont la tension déterminante est supérieure à 1 400 V c.a. ou 2 000 V c.c.;
- L'essai suivant est applicable aux barrières ou aux enveloppes non conductrices, ou conductrices qui ne sont pas reliées au conducteur de protection. Il convient d'insérer le doigt d'essai dans les ouvertures avec une force de pénétration de 10 N. Il convient que le doigt d'essai reste à une distance de toute partie active au moins égale à celle de l'isolation principale (voir 5.2.16.2).

NOTE Il est recommandé de réduire légèrement les dimensions des ouvertures admissibles conformément à l'IP2X, afin que le doigt d'essai, conformément à la Figure 1 de la CEI 60529, ne puisse toucher une partie active. La profondeur de pénétration du doigt (mesurée à partir du bord extérieur de l'ouverture) est de:

- trou de 12 mm $\varnothing$: 80,0 mm;
- trou de 11 mm $\varnothing$: $\approx$ 16,5 mm;
- trou de 10 mm $\varnothing$: $\approx$ 13,0 mm;
- trou de 9 mm $\varnothing$: $\approx$ 8,0 mm;
- trou de 8 mm $\varnothing$: $\approx$ 4,0 mm.

Pour les essais, voir 9.4.4.2.

A.5.2.4.2 Défaut mécanique

L'EE qui a des parties conductrices accessibles:

- qui sont accessibles, et
- qui ne sont pas reliées au conducteur de protection de l'EE, et
- qui du fait de leurs petites dimensions ne tombent pas dans l'exception du point c) de 5.2.9.2, et
- qui sont éloignées des parties actives par une distance d'isolement correspondant à une isolation double ou renforcée (cas 2 c. de la Figure 3 de 5.2.3) à l'exception de celles qui sont protégées en cas de contact direct (voir 5.2.8, TBTS, TBTP, etc.),

devrait être construit de telle manière qu'un seul défaut mécanique dans l'EE ne réduise la distance d'isolement suivant 5.2.3, à une valeur qui le rende impropre à satisfaire les exigences de l'isolation principale.

NOTE Les broches à souder tordues, les vis ou connexion à souder desserrées, l'écrou non serré sont des exemples de défauts mécaniques.

A.5.2.4.3 Solidité mécanique

Il convient de fixer solidement les enveloppes et les barrières. Il convient qu'elles soient suffisamment robustes et résistantes pour conserver le degré de protection exigé et les distances d'isolement en fonction des contraintes attendues. Elles devraient de même éviter que les parties mécaniques contenues dans l'enveloppe, ou celles situées derrière les barrières, soient tordues ou endommagées.

A.5 Safety requirements

A.5.2.4 Protection by means of enclosures and barriers

The following requirements apply to the openings in enclosures and barriers:

- The following test applies to enclosures or barriers that are conductive and connected to the protective conductor: A test finger (see Figure 3 of IEC 60529) should be inserted into the openings with a test force of 10 N according to clause 12 of IEC 60529. The test finger should not touch any live part belonging to an electric circuit with a decisive voltage (see 5.2.13) of at most 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c. (case 3a) in Figure 3 of 5.2.3). The test finger should not be able to approach any live part closer than the clearance for basic insulation (see 5.2.16.2) which has a decisive voltage exceeding 1 400 V a.c. or 2 000 V d.c..
- The following test applies to enclosures or barriers which are non-conductive or conductive but not connected to the protective conductor: A test finger should be inserted into the openings of the enclosure or barrier with a test force of 10 N. The test finger should not be able to approach any live part closer than the clearance for basic insulation (see 5.2.16.2).

NOTE It is recommended that the dimension of allowable opening of the enclosure according to IP2X should be slightly reduced so that the test finger according to Figure 1 of IEC 60529 cannot touch the live part. Depth of penetration of the test finger (from the outer edge of the hole) is given by

- hole of 12 mm $\varnothing$: 80,0 mm;
- hole of 11 mm $\varnothing$: $\approx$ 16,5 mm;
- hole of 10 mm $\varnothing$: $\approx$ 13,0 mm;
- hole of 9 mm $\varnothing$: $\approx$ 8,0 mm;
- hole of 8 mm $\varnothing$: $\approx$ 4,0 mm.

For testing, see 9.4.4.2.

A.5.2.4.2 Mechanical fault

EE with conductive parts:

- that can be touched, and
- that are not connected to the means of connection for the protective conductor of EE, and
- that do not come under the exceptions of 5.2.9.2 c) because of their small dimensions, and
- that are separated from live parts by a clearance designed corresponding to a double or reinforced insulation (case 2c) in Figure 3 of 5.2.3) except those with protection in case of direct contact (see 5.2.8, SELV, PELV, etc.),

should be constructed so that a single mechanical fault in EE does not reduce the clearance according to 5.2.3 to an extent that the said clearance no longer satisfies the requirements of basic insulation.

NOTE Examples for mechanical faults are a distorted soldering pin, a loosened screw- or solder-connection or an unscrewed nut.

A.5.2.4.3 Mechanical durability

Enclosures and barriers should be fixed firmly. The enclosures and barriers should possess adequate strength and durability, to maintain the required degree of protection and clearances or distances under the expected stress. They should also prevent the parts in the enclosure or those behind the barriers from being warped or damaged.

A.5.2.4.4 Vis

En cas d'utilisation de vis pour le montage des enveloppes et des barrières, ou de parties d'entre elles, conductrices ou non, mais non reliées au conducteur de protection, les spécifications suivantes s'appliquent:

- il convient d'utiliser des vis prisonnières lorsque les distances d'isolement ou les lignes de fuite par rapport aux parties actives dépendent de la longueur des vis (cas 2 c. de la Figure 3 de 5.2.3);
- il convient de conserver la distance d'isolement spécifiée, même lorsqu'on remplace une vis en matériau isolant par une vis métallique (cas 1 c. de la Figure 3 de 5.2.3).

A.5.2.4.5 Ouverture des enveloppes

Il convient que l'ouverture et la fermeture des portes des enveloppes ou le montage et le démontage des barrières ne soient possibles:

- a) qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil, ou
- b) après la mise hors tension de toutes les parties actives protégées par l'enveloppe ou la barrière. Il convient que la remise sous tension ne soit possible qu'après la remise en place de la protection ou de la barrière dans leur position d'origine, ou s'il s'agit d'une fermeture, en utilisant un verrouillage.

A la place des mesures a) et b), on peut utiliser une barrière intermédiaire. Il convient que cette barrière protège contre tout contact avec les parties actives, et qu'elle ne puisse être ôtée qu'à l'aide d'un outil.

A.5.2.8 Protection en cas de contact direct

Comme il est précisé en 5.2.8, la protection contre les contacts directs est nécessaire afin d'éviter que les parties actives de l'EE ne produisent un courant de choc dangereux.

Le circuit peut être mis à la terre. Un autre circuit électrique peut être connecté à un circuit avec séparation de protection par des mesures de protection basées sur la mise en place d'un dispositif par impédance de protection (voir 5.2.8.3) ou par limitation de tension (voir 5.2.8.4). Elles n'éliminent pas sa séparation de protection existante.

La Figure A.1 donne des exemples de protection contre les contacts directs.

NOTE 1 Il est recommandé de donner la préférence aux protections par très basse tension associées à une séparation de protection (TBTS ou TBTP), sur les autres moyens de protection.

NOTE 2 La conception de l'EE peut nécessiter la mise en place d'une barrière pour d'autres raisons, par exemple pour protection mécanique, ou pour protection contre la pénétration de particules étrangères ou contre les arcs électriques.

A.5.2.4.4 Screws

The following applies to the use of screws for enclosures or barriers or to parts of them which are either non-conductive or conductive but not connected to the protective conductor terminal:

- where the clearances or the creepage distances to the live parts are determined by the length of these screws, then captive screws should be used (case 2c) in Figure 3 of 5.2.3);
- where these screws consist of insulation material, the required insulation should be maintained even when the screws are replaced by metal screws (case 1c) in Figure 3 of 5.2.3).

A.5.2.4.5 Opening of enclosures

Opening and closing of enclosures or barriers should be possible only

- a) with the help of a key or a tool, or
- b) after switching-off the voltage of all live parts against which the enclosure or the barrier provides a protection; a reclose should be possible only if the enclosure or the barrier is at its original position or if it is closed, i.e. using an interlock.

An intermediate barrier may be used instead of measures a) or b); this barrier should only be removable using a tool and it should prevent any contact with live parts.

A.5.2.8 Protection in the case of direct contact

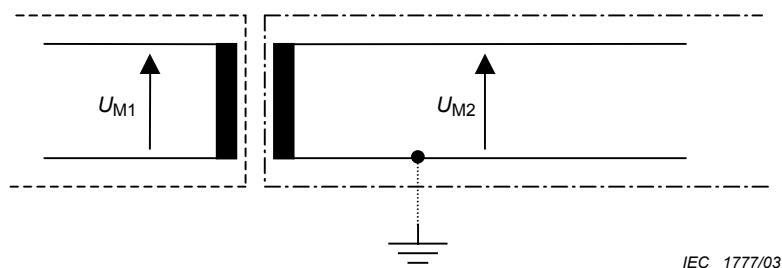
As stated in 5.2.8, protection in the case of direct contact is required to ensure that contact with the live parts of EE does not produce any dangerous shock current.

The circuit may be earthed. Another electric circuit may be connected to a circuit with protective separation through protective measures based on protective impedance devices (see 5.2.8.3) or voltage limiting (see 5.2.8.4). They do not eliminate its existing protective separation.

Figure A.1 shows examples for protection in the case of direct contact.

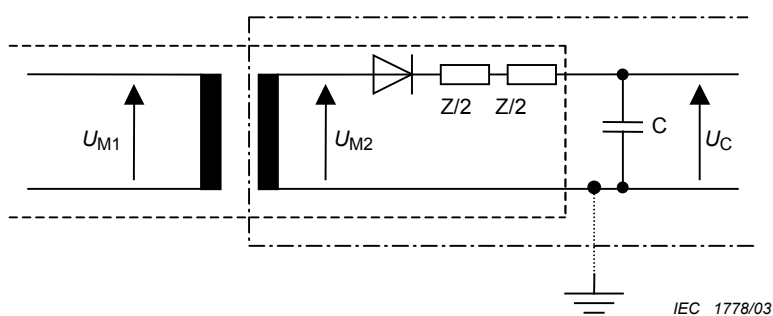
NOTE 1 It is recommended that the protection by means of extra-low voltage with protective separation (SELV or PELV) should be given preference over the other possibilities.

NOTE 2 Depending on the design of EE, a barrier can be required due to other reasons, for example, as a mechanical protection or against the deposition of extraneous particles or as a protection against arcs.



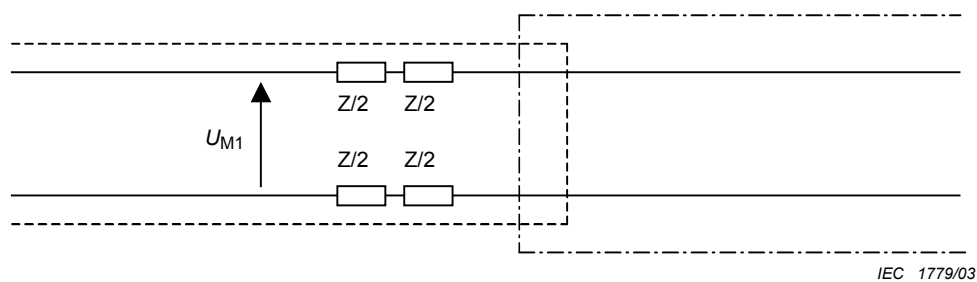
----- Protection contre le contact direct
 ----- Séparation de protection des circuits nécessitant une protection contre le contact direct
 U_M = tension déterminante;
 U_{M1} : arbitraire, mis ou non à la terre;
 U_{M2} : ≤ 50 V c.a., 120 V c.c.

Figure A.1a) – Protection par TBTS (circuit non mis à la terre) ou TBTP (circuit relié à la terre) avec séparation de protection (5.2.8.1)



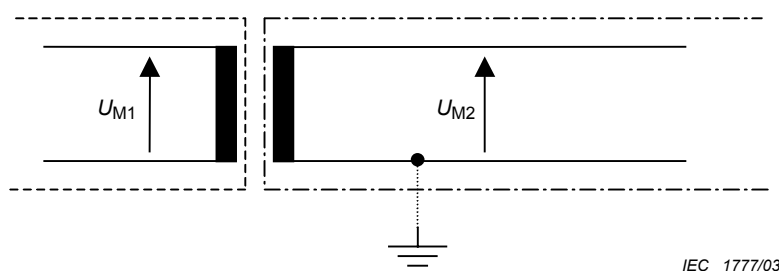
U_{M1} : arbitraire (mis ou non à la terre);
 U_{M2} : arbitraire;
 $U_{M2}/(Z/2) \leq 3,5$ mA c.a., 10 mA c.c.;
 $U_C = f(C)$, voir Tableau A.1;
 $CU_C \leq 50$ μ C.

Figure A.1b) – Protection par limitation de la quantité d'électricité (5.2.8.2)



U_{M1} : arbitraire (mis ou non à la terre);
 $U_{M1}/(Z/2) \leq 3,5$ mA c.a., 10 mA c.c.

Figure A.1c) – Protection par impédance de protection (5.2.8.3)



----- Protection against direct contact

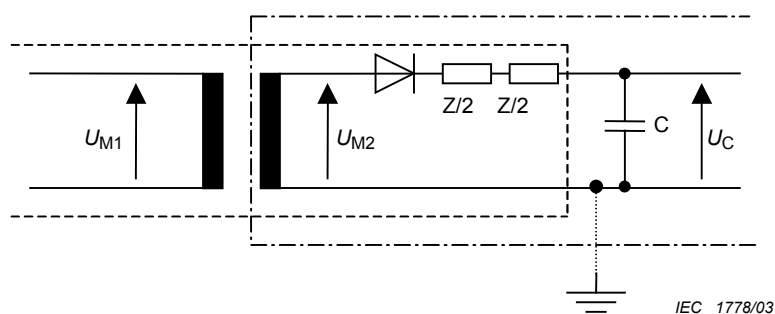
----- Protective separation from circuits requiring protection against direct contact

U_M = decisive voltage;

U_{M1} : arbitrary, earthed or unearthed;

U_{M2} : ≤ 50 V a.c., 120 V d.c.

Figure A.1 a) – Protection by SELV (unearthed circuit) or PELV (earthed circuit), with protective separation (5.2.8.1)



U_{M1} : arbitrary (earthed or unearthed);

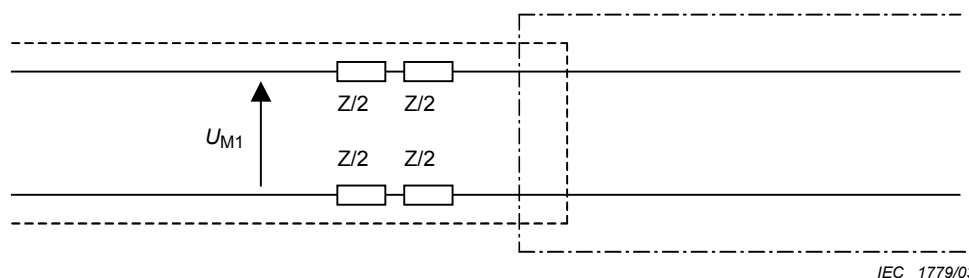
U_{M2} : arbitrary;

$U_{M2}/(Z/2) \leq 3,5$ mA a.c., 10 mA d.c.;

$U_C = f(C)$, see Table A.1;

$CU_C \leq 50$ μ C.

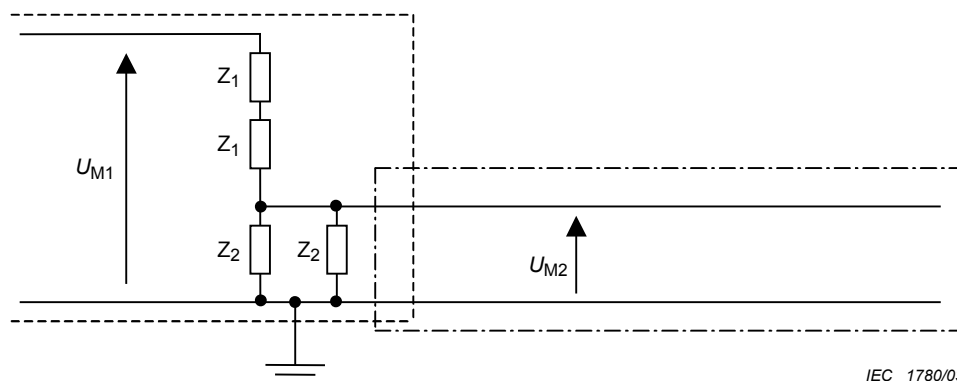
Figure A.1 b) – Protection by limitation of discharge energy (5.2.8.2)



U_{M1} : arbitrary (earthed or unearthed);

$U_{M1}/(Z/2) \leq 3,5$ mA a.c., 10 mA d.c.

Figure A.1 c) – Protection by means of protective impedance (5.2.8.3)



IEC 1780/03

U_{M1} : arbitraire (mis à la terre);

U_{M2} : $[= U_{M1}Z_2/(2Z_1 + Z_2)$ ou $U_{M1}Z_2/2(Z_1 + Z_2/2)] \leq 50$ V c.a., 60 V c.c.

Figure A.1d) – Protection par limitation de tension (5.2.8.4)

Figure A.1 – Exemples de protection contre les contacts directs

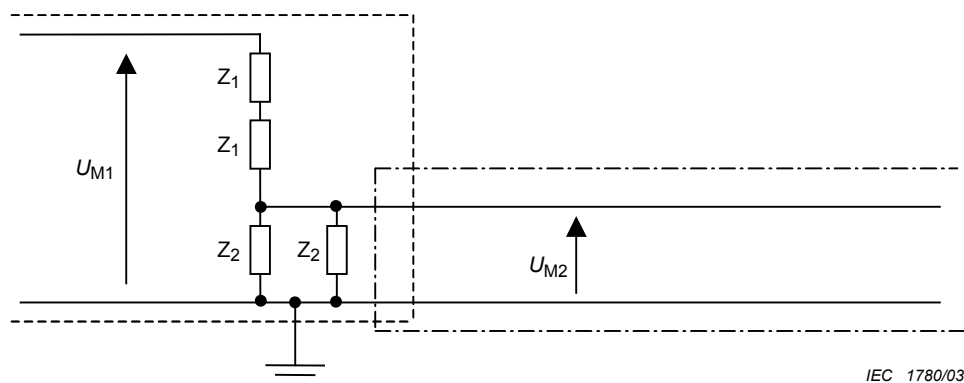
A.5.2.8.2 Protection par limitation de la quantité d'électricité

La quantité limite de 50 μC donnée dans la CEI 61140 (voir 5.2.8.2), est inférieure au seuil de fibrillation. Pour les parties actives accessibles, il convient d'appliquer la quantité d'électricité déterminée par les valeurs de tension et de capacité données dans le Tableau A.1, conformément à 6.5 de la CEI 61201.

Tableau A.1 – Valeurs des capacités et tensions accessibles (seuil de douleur)

Tension V	Capacité μF	Tension kV	Capacité nF
70	42,4	1	8,0
78	10,0	2	4,0
80	3,8	5	1,6
90	1,2	10	0,8
100	0,58	20	0,4
150	0,17	40	0,2
200	0,091	60	0,133
250	0,061		
300	0,041		
400	0,028		
500	0,018		
700	0,012		

Pour les essais voir 5.2.8.2.



IEC 1780/03

U_{M1} : arbitrary (earthed);

U_{M2} : $[= U_{M1}Z_2/(2Z_1 + Z_2) \text{ or } U_{M1}Z_2/2(Z_1 + Z_2/2)] \leq 50 \text{ V a.c.}, 60 \text{ V d.c.}$

Figure A.1 d) – Protection by means of voltage limitation (5.2.8.4)

Figure A.1 – Examples of protection in case of direct contact

A.5.2.8.2 Protection by means of limitation of discharging energy

The charge limit of 50 μC given in IEC 61140 (see 5.2.8.2) is below the threshold of fibrillation. For accessible live parts, the values determined by the voltage U and the capacitance C given in Table A.1 below according to 6.5 of IEC 61201 should apply.

Table A.1 – Values of accessible capacitance and charging voltage (threshold of pain)

Voltage V	Capacitance μF	Voltage kV	Capacitance nF
70	42,4	1	8,0
78	10,0	2	4,0
80	3,8	5	1,6
90	1,2	10	0,8
100	0,58	20	0,4
150	0,17	40	0,2
200	0,091	60	0,133
250	0,061		
300	0,041		
400	0,028		
500	0,018		
700	0,012		

For testing, see 5.2.8.2.

A.5.2.8.3 Protection par limitation de courant (impédance de protection)

Il est recommandé, pour effectuer les essais électriques à travers l'impédance de protection (voir 9.4.5.1, 9.4.5.2 et 9.4.5.3) d'un circuit comportant une séparation de protection par rapport à un circuit adjacent (voir Figure A.1 c), de prévoir des dispositifs de coupure isolant complètement le circuit protégé par cette séparation (dans ce cas l'impédance n'est pas essayée simultanément). Ces dispositifs devraient être facilement accessibles dans l'EE prêt à être essayé, afin d'éliminer le risque de détériorer l'isolant, lors du branchement après l'essai. De tels dispositifs sont, par exemple, des connexions qui peuvent être réenroulées ou ressoudées, des barrettes de liaison, des connecteurs, ou des sous-ensembles et des modules facilement débrochables.

A.5.2.9.2 Dispositions des liaisons équipotentielle de protection

Il convient de réaliser le raccordement des liaisons équipotentielles à la borne du conducteur de protection:

- soit directement par l'intermédiaire d'un contact métallique;
- soit par l'intermédiaire d'autres masses qui ne sont pas retirées lorsque l'EE est utilisé suivant ses spécifications;
- soit par l'intermédiaire de son propre conducteur de protection;
- soit par l'intermédiaire d'autres parties métalliques de l'EE;
- soit par une combinaison de ces méthodes.

NOTE Quand des surfaces peintes sont assemblées, en particulier des surfaces revêtues d'une peinture en poudre, il convient de réaliser une liaison séparée pour assurer un contact fiable.

A.5.2.9.3 Dimensionnement de la protection équipotentielle

Il convient que la protection équipotentielle reste efficace tant que persiste le défaut à la masse.

Les conducteurs actifs de faible section, comme ceux des circuits imprimés, peuvent être détruits par le courant engendré par un défaut de masse. Dans cette éventualité, le conducteur de protection équipotentielle peut lui aussi être finalement détruit. Il convient de noter que dans un circuit imprimé l'énergie peut être fournie par plusieurs conducteurs en parallèle.

Il convient que la résistance électrique de la protection équipotentielle soit suffisamment faible pour éviter qu'en cas de défaut à la masse, il ne puisse persister une tension supérieure à 5 V c.a. ou 12 V c.c., entre la masse et le dispositif de connexion du conducteur de protection.

NOTE Cette condition est généralement satisfaite si le conducteur équipotentiel a la même section que celle du conducteur de protection déterminée suivant le Tableau 54F de la CEI 60364-5-54.

A.5.2.9.4 Protection contre la corrosion

Tant qu'aucun matériel électrique n'est monté sur des parties mobiles de l'EE, couvercles, portes, panneaux de couverture, les vis métalliques normales, les verrous, ainsi que les charnières traitées contre la corrosion peuvent être considérés comme suffisants pour réaliser l'équipotentialité de protection. En revanche, si du matériel électrique est monté sur des parties mobiles de l'EE, les masses de l'équipement électrique spécifique nécessitent une équipotentialité de protection. Il convient que cette équipotentialité de protection soit réalisée par un conducteur.

Une autre solution consiste à utiliser des contacts glissants ou à pression (par exemple, des charnières conductrices traitées contre la corrosion) si des essais de type antérieurs ont prouvé que la conductance exigée n'a pas été affectée pendant leur durée de vie (voir la CEI 60439-1).

A.5.2.8.3 Protection by means of protective impedance

For the purpose of making voltage checks (see 9.4.5.1, 9.4.5.2 and 9.4.5.3) in a circuit with protective separation, with respect to an adjacent circuit via protective impedance, disconnection points should – in the event that the protective impedance is not intended to be checked along with the voltage – be provided at the interface between the circuits (see also Figure A.1 c) and should enable complete separation of the protectively separated circuit and should be easily accessible in the item of EE which is ready to be tested, in order to eliminate the danger of damage to the insulation during reconnection after the checking procedures. Examples of such disconnection points are as follows: Leads which can be rewired or resoldered, jumpered solder pins, connectors, and easily removable sub-assemblies and modules.

A.5.2.9.2 Bonding connection arrangements

The protective bonding to the terminal point of the protective conductor should be achieved

- through direct metallic contact;
- or through other exposed conductive parts which are not removed when EE is used as intended;
- or through its own protective bonding conductor;
- or through other metallic components of EE;
- or by means of a combination of these methods.

NOTE When painted surfaces or in particular powder painted surfaces are joined together, then a separate connection should be made for reliable contact.

A.5.2.9.3 Rating of protective bonding

The protective bonding should remain effective for as long as a fault to the exposed conductive parts persists.

Live conductors of small cross-section such as those on printed circuit boards may be destroyed by the fault current caused by a fault to exposed conductive parts. In this event, the protective bonding conductor may eventually also be destroyed. It should be noted that in printed circuit boards, the energy may be supplied through several (parallel) conductors.

The electrical resistance of the protective bonding should be so low that during a fault to exposed conductive parts no voltage exceeding 5 V a.c. or 12 V d.c. can persist between the exposed conductive parts and the means of connection for the protective conductor.

NOTE This condition is generally satisfied if the cross-section of the protective bonding conductor is the same as that for the protective conductor according to Table 54F of IEC 60364-5-54.

A.5.2.9.4 Protection against corrosion

Where no electrical equipment is fixed to covers, doors and cover plates of the EE, the normal metal screws and locking devices as well as conducting corrosion-proof hinges are considered to be sufficient protective bonding. Where electrical equipment is attached to these movable parts of EE, the exposed conductive parts of the particular electrical equipment need a protective bonding. The protective bonding to these movable parts of EE should be made via a protective bonding conductor.

Alternatively, sliding and pressure contacts (for example, conducting corrosion-proof hinges) may be used in devices if it has been proven by a previous type test that the required conductance has not been impaired during its working life (see IEC 60439-1).

A.5.2.11.2 Compatibilité avec un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel

La Figure A.2 indique la forme d'onde et l'apparition éventuelle d'une composante continue dans le courant de défaut lors d'une mise à la terre accidentelle, pour différents cas d'alimentation de l'EE (équipement d'électronique de puissance ou contacteur électronique d'alimentation). Les circuits 1, 4 et 5 ne peuvent être protégés que par un dispositif DDR, pouvant être actionné à la fois par le courant alternatif différentiel-résiduel, et par le courant continu pulsatoire (type A ou B suivant la CEI 60755).

Pour la détection et la disjonction de tous les courants différentiels-résiduels pouvant résulter de défauts dans les circuits 1 à 9 de la Figure A.2, les DDR de type B sont appropriés. Voir la Figure A.3 pour leur installation.

Il n'y a pas de composante continue dans le courant de défaut des cas 8 et 9, il s'ensuit que tous les types de dispositifs DDR (Type A, type B ou Type AC) peuvent être utilisés.

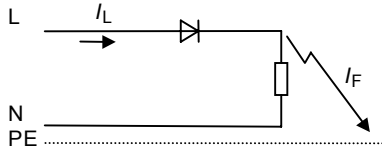
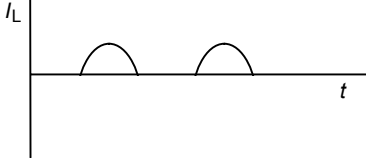
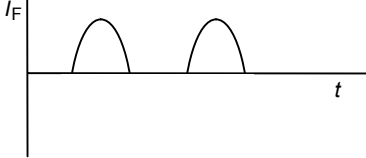
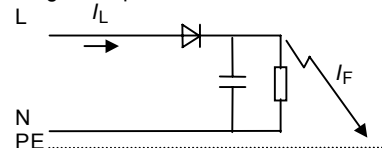
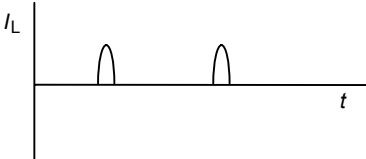
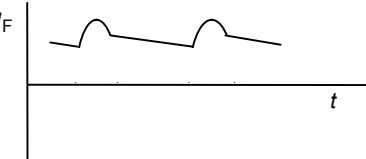
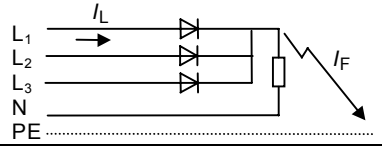
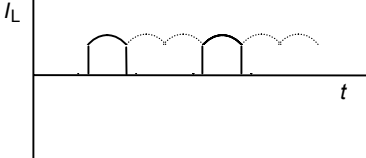
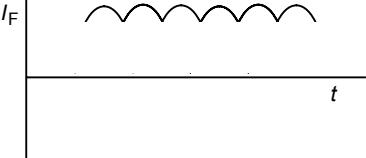
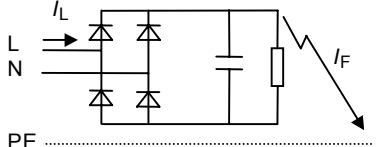
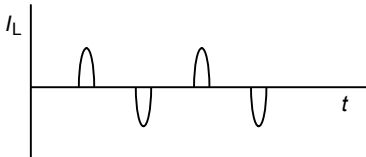
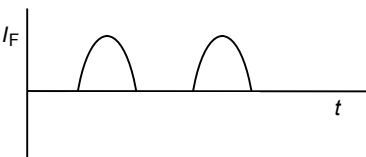
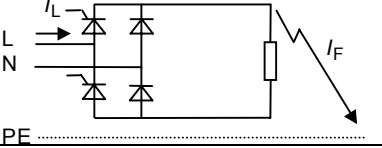
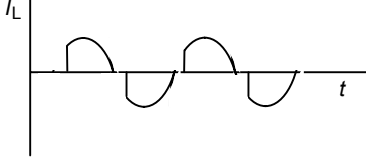
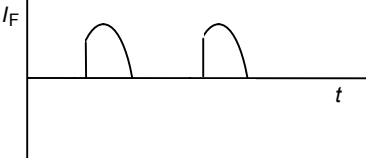
	Montage	Courant principal en fonctionnement normal	Courant de défaut
1	Montage mono-alternance 		
2	Montage mono-alternance dont la charge comporte une f.é.m. 		
3	Montage triphasé mono-alternance 		
4	Montage en pont monophasé double-alternance 		
5	Montage en pont mixte double-alternance 		

Figure A.2 – Courant de défaut correspondant aux différents montages à semi-conducteurs (suite page suivante)

A.5.2.11.2 Compatibility with residual-current operated protective devices

For common line-side circuit configurations of EE (for example for power electronic equipment and switched mode power supplies), Figure A.2 shows waveforms of the fault currents and when a d.c. component can occur in the fault current in the event of a fault connection to earth. Circuits 1, 4 and 5 can only be protected by an RCD which can be triggered both by residual a.c. currents and pulsating d.c. currents (type A or B according to IEC 60755).

For sensing and disconnection of all residual currents which may result from faults in the circuits 1 to 9 of Figure A.2, RCDs of Type B are appropriate. For their installation, see Figure A.3.

In circuits 8 and 9 the fault current does not contain a d.c. component and all types of RCD (Type A, Type B, or Type AC) may be used.

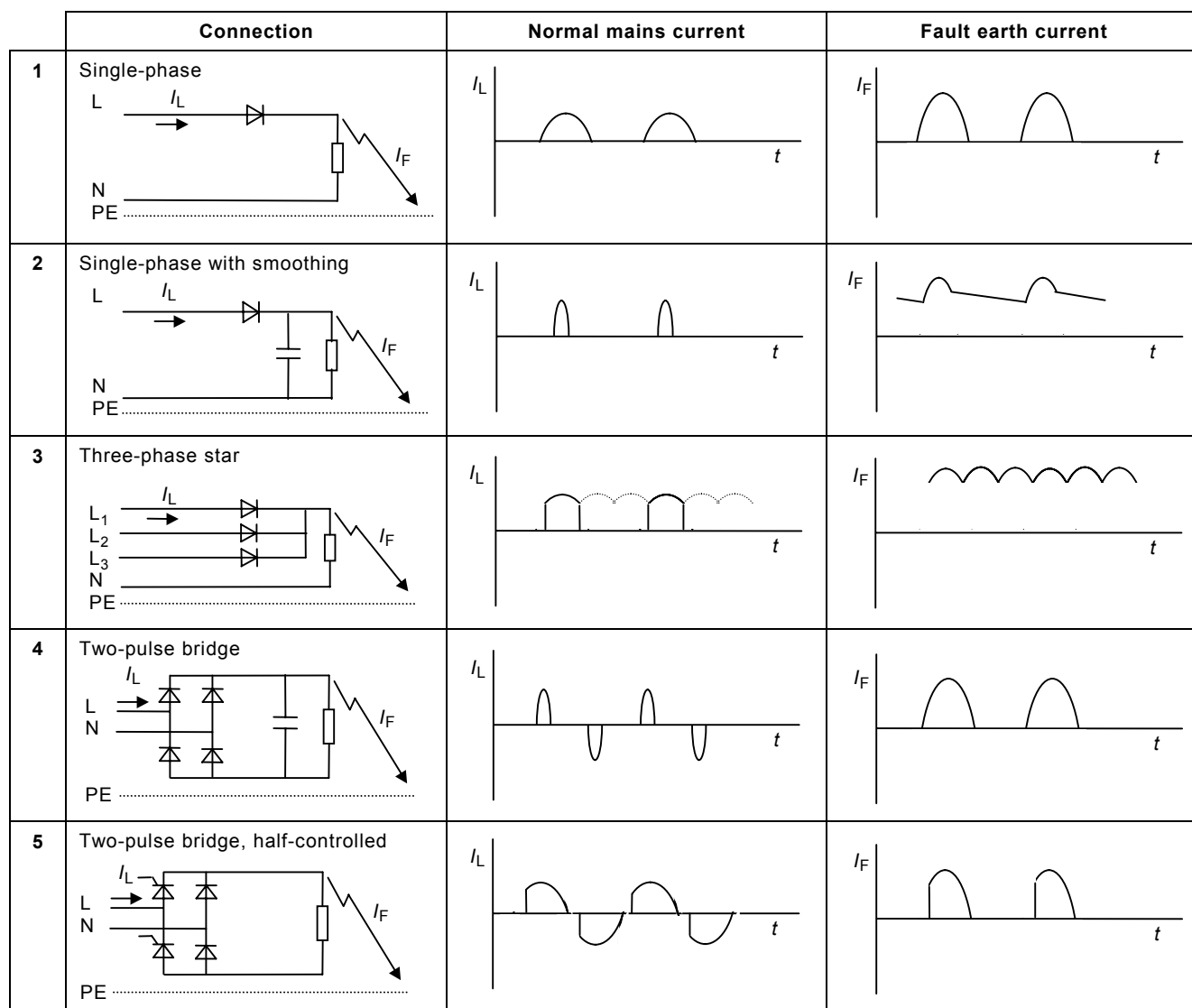
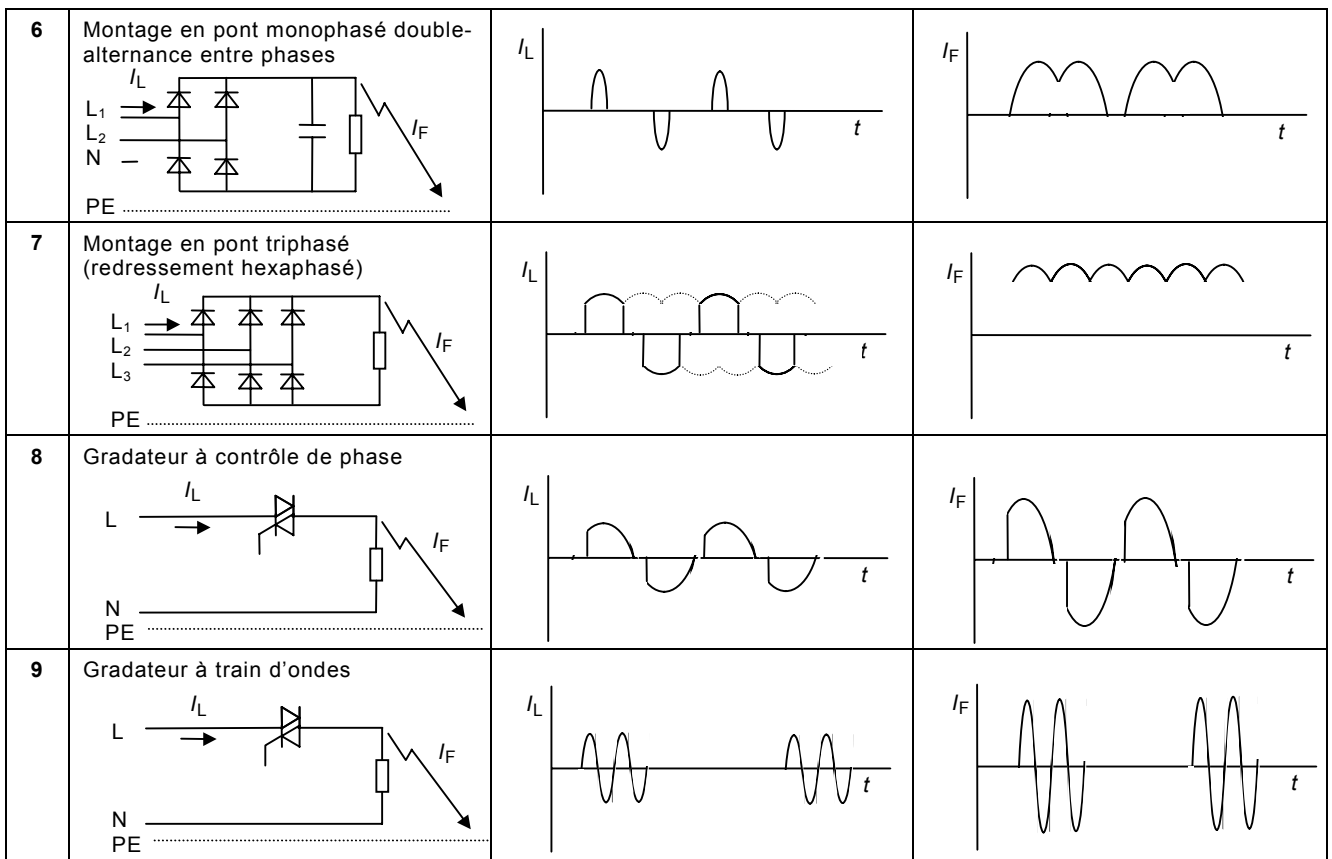
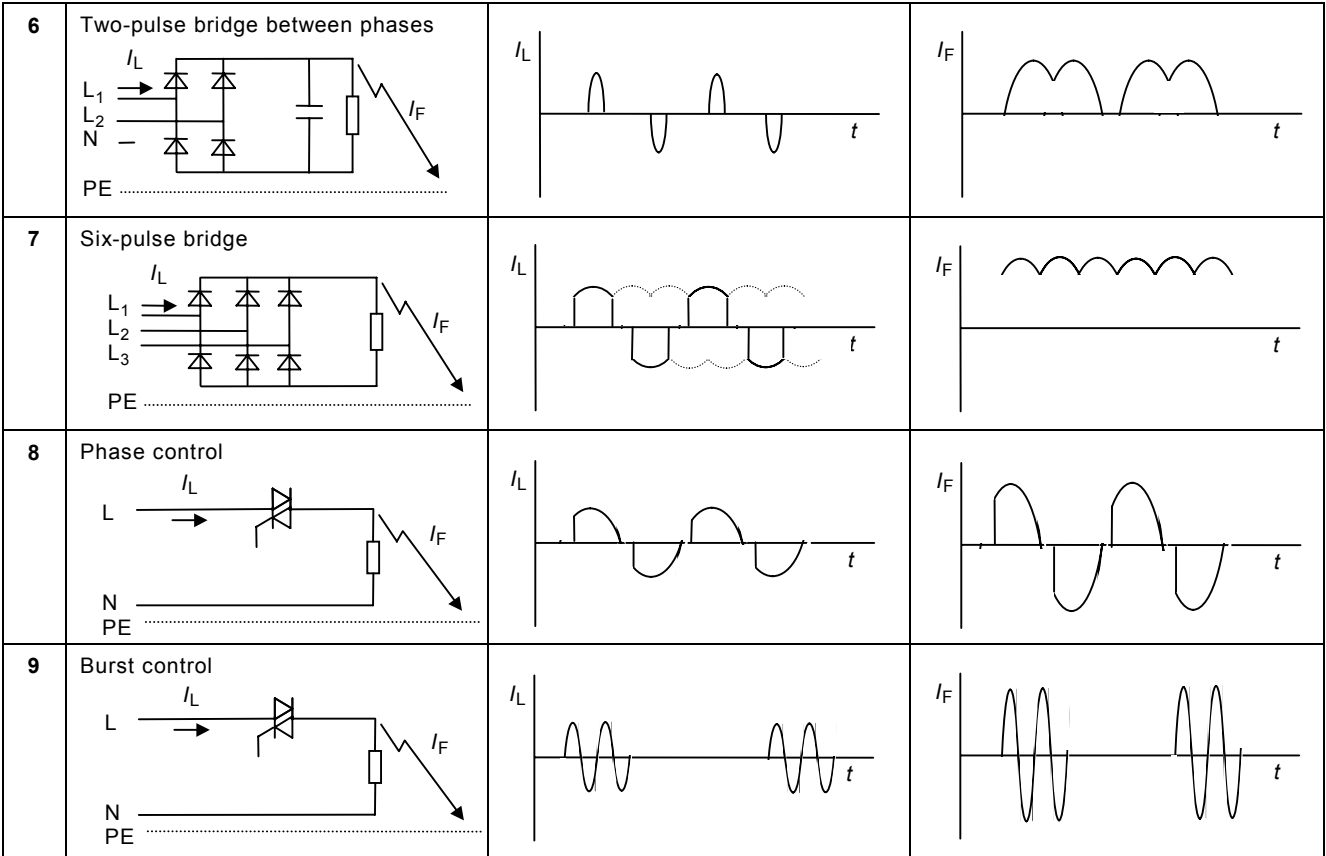


Figure A.2 – Fault current in connections with semiconductor devices
(continued overleaf)



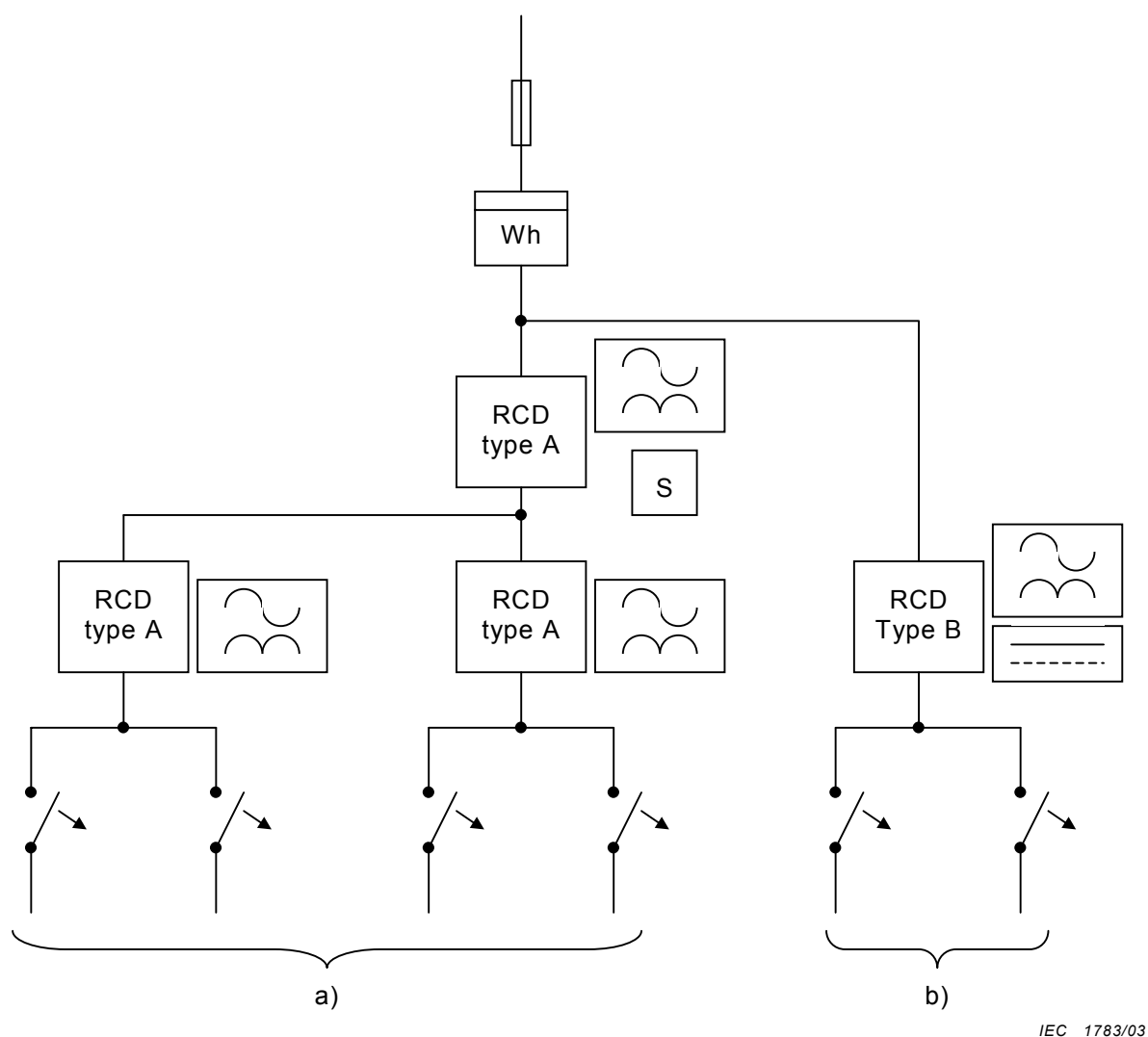
IEC 1782/03

Figure A.2 – Courant de défaut correspondant aux différents montages à semi-conducteurs



IEC 1782/03

Figure A.2 – Fault current in connections with semiconductor devices



Légende

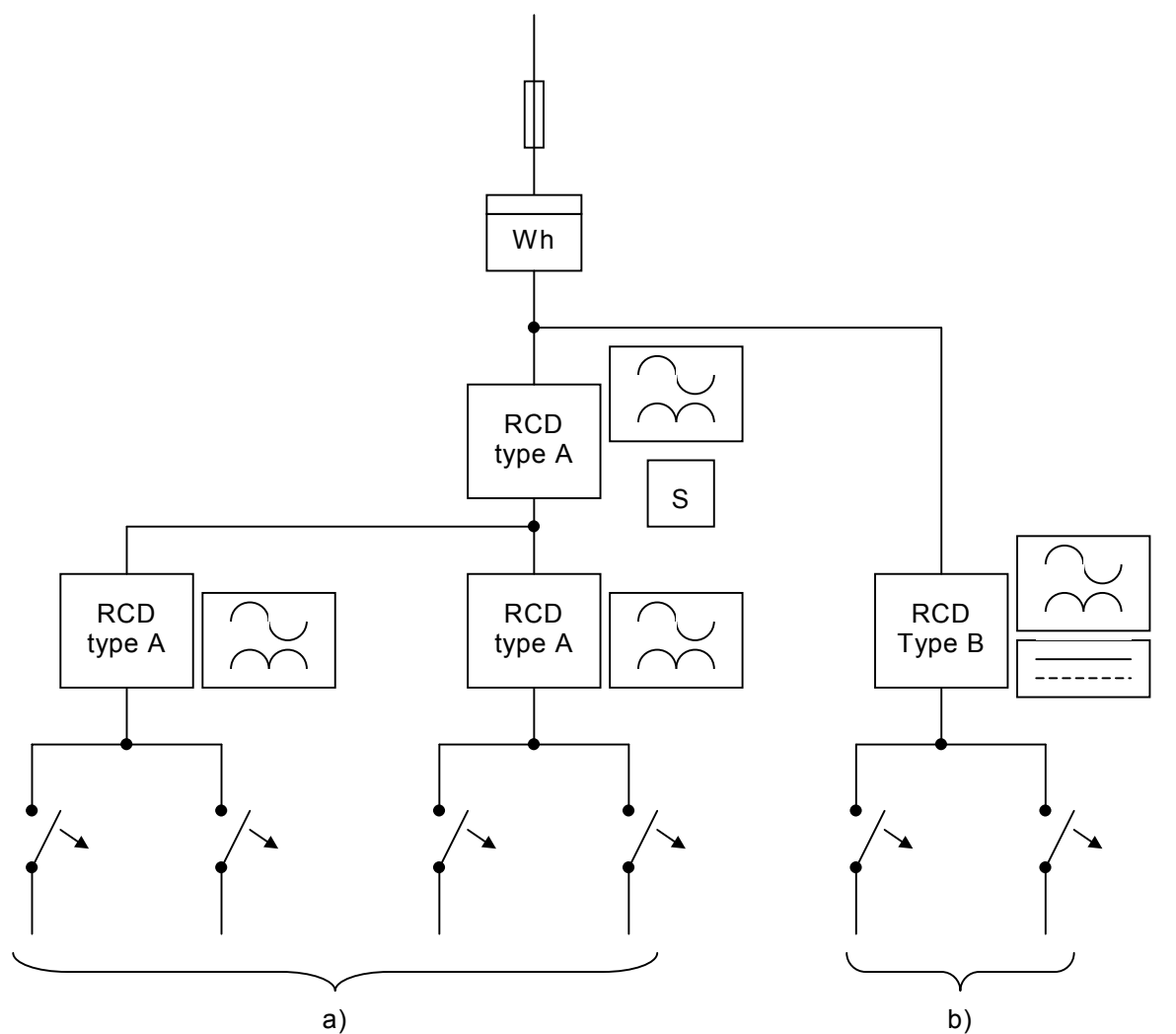
- a) Circuits comportant un EE dans lesquels des courants alternatifs résiduels de défaut à la terre ou/et des courants résiduels continus pulsatoires peuvent se produire.
- b) Circuits comportant un EE dans lesquels des courants alternatifs résiduels de défaut à la terre ou/et des courants résiduels continus pulsatoires ou/et des courants résiduels continus lissés peuvent se produire.

Figure A.3 – Exemple de montage pour l'utilisation de DDR de type B

A.5.2.13 Tension déterminante

Les valeurs limites inférieures de la tension déterminante tiennent compte de la réaction pathophysiologique des personnes touchant cette tension. Ces limites sont relativement différentes pour les tensions alternatives et continues, il convient donc de déterminer séparément la composante alternative et continue d'un circuit de tension pulsé, avant de les comparer aux valeurs limites, en utilisant la formule proposée en 5.2.13 a), b) et c).

Les limites de la tension déterminante sont choisies de telle façon que la majorité des équipements d'électronique de puissance se trouve en dessous de ces limites. La tension déterminante ne fixe pas directement la tension d'isolation assignée, mais c'est un critère à prendre en compte lors de la détermination des exigences d'isolation: principale, double ou renforcée.

**Key**

- a) Circuits with EE where, in the event of an earth fault, residual a.c. current and/or pulsating d.c. current may occur.
- b) Circuits with EE where, in the event of an earth fault, residual a.c. current and/or pulsating d.c. current and/or residual smooth d.c. current may occur.

Figure A.3 – Planning example for application of RCD type B

A.5.2.13 Decisive voltage

The lower limits of the decisive voltage take into account the pathophysiological impact on persons touching that voltage. The limits for a.c. and d.c. voltage are rather different, therefore a.c.- and d.c.-components of a pulsating voltage circuit should be evaluated separately and compared with the limits using the formulae proposed in 5.2.13 a), b) and c).

The limits of the decisive voltage are selected such that the majority of power electronic equipment is included in the range below these limits.

The decisive voltage does not directly determine the rated insulation voltage, but it is a criterion to be taken into account when considering if basic or double/reinforced insulation is required.

A.5.2.14.1 Isolation entre circuits et masse ou surfaces accessibles de l'EE

La Figure A.4 montre un exemple d'une isolation partagée entre partie active et surface accessible. Dans la Figure A.5, on donne six exemples d'isolation d'éléments de commande.

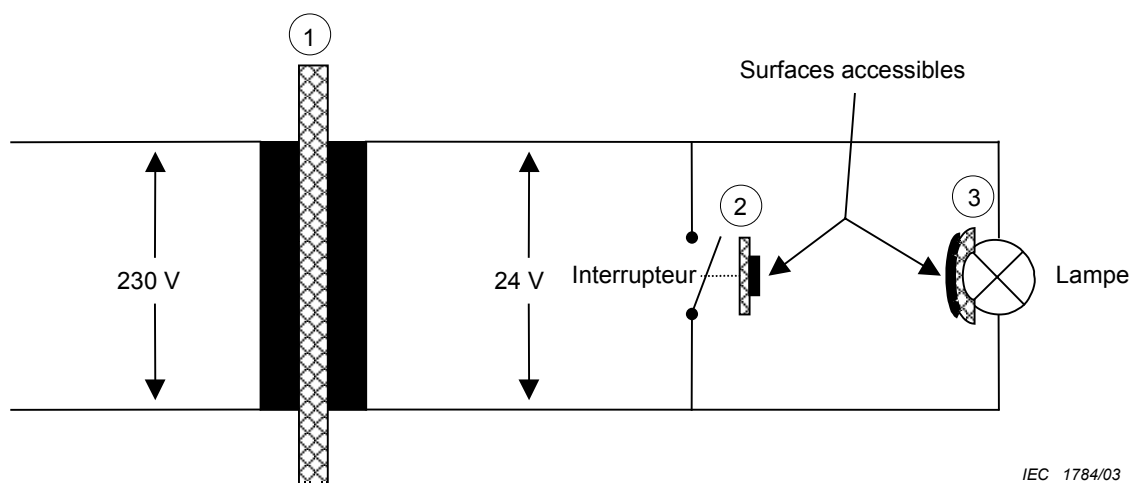
Légende de la Figure A.4:

Les dispositions de l'isolation du circuit présenté comme exemple dans la Figure A.4 sont les suivantes:

- Isolation ① – Entre les circuits 230 V c.a. et 24 V c.a.
- Isolation ② – Entre la surface accessible de l'interrupteur de contact passager et le circuit en 24 V c.a.
- Isolation ③ – Entre la surface accessible de l'ampoule et le circuit en 24 V c.a.

Le but de chaque couche d'isolation est le suivant:

- Isolation ①, c'est l'isolation principale située dans le transformateur. Elle empêche le 230 V c.a. du primaire de passer dans le circuit 24 V c.a. en cas de défaut. L'isolation est prévue pour une tension alternative de 230 V c.a.
- Isolation ②, c'est l'isolation supplémentaire, située sur la surface accessible de l'interrupteur à contact passager. Elle est chargée d'assurer la double isolation entre le circuit 230 V c.a. et la surface accessible de l'interrupteur. L'isolation est également prévue pour une tension alternative de 230 V c.a.
- Isolation ③, située sur la surface accessible de l'ampoule, elle n'est prévue que pour la très basse tension fonctionnelle de 24 V c.a. (TBTF), puisque l'ampoule n'est pas destinée à être touchée ou saisie lors du fonctionnement normal de l'EE.



IEC 1784/03

Figure A.4 – Exemples d'isolation subdivisée des surfaces accessibles de l'EE

A.5.2.14.1 Between circuits and exposed conductive parts or accessible surfaces of EE

An example of subdivided insulation between a live part and accessible surface is shown in Figure A.4. Six examples for insulation of control elements are given in Figure A.5.

Legend to Figure A.4:

The insulation arrangements provided for the circuit shown in examples of Figure A.4 are as follows:

- Insulation ① – Between the live 230 V a.c. circuit and the 24 V a.c. circuit.
- Insulation ② – Between the accessible surface of the momentary contact switch and the 24 V a.c. circuit.
- Insulation ③ – Between the accessible surface of the lamp and the 24 V a.c. circuit.

The purpose of each insulation barrier is described as follows:

- Insulation ①, Positioned in the transformer is basic insulation provided for protection against 230 V a.c. on the transformer primary passing into the 24 V a.c. circuit under fault conditions. Insulation is designed for 230 V a.c.
- Insulation ②, Positioned on the accessible surface of the momentary contact switch is supplementary insulation provided to achieve double insulation between the 230 V a.c. circuit and the accessible surface of the switch. Insulation is also designed for 230 V a.c.
- Insulation ③, Positioned on the accessible surface of the lamp need only be designed for 24 V a.c. functional extra low voltage (FELV) since the lamp is not required to be touched or grasped when the EE is used as intended.

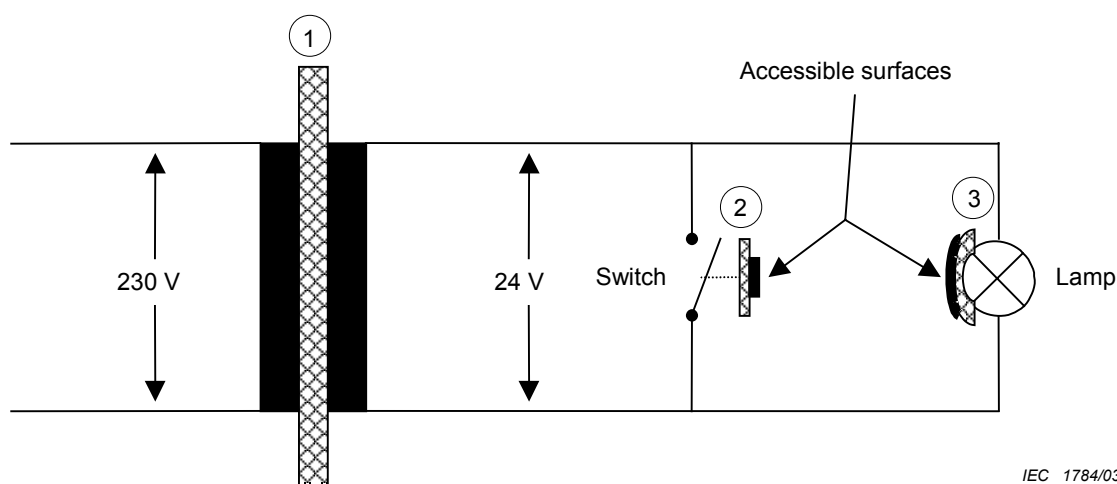
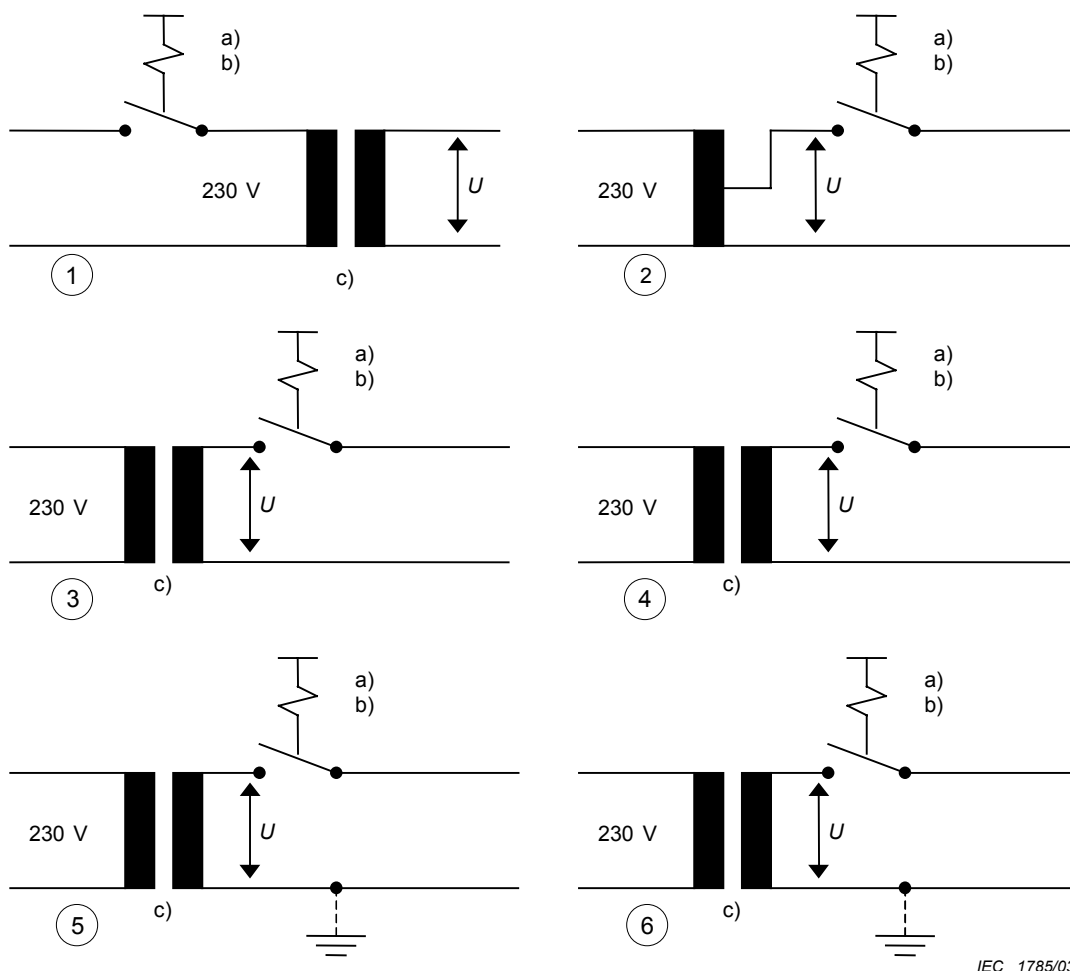


Figure A.4 – Examples of subdivided insulation against accessible surfaces of EE



IEC 1785/03

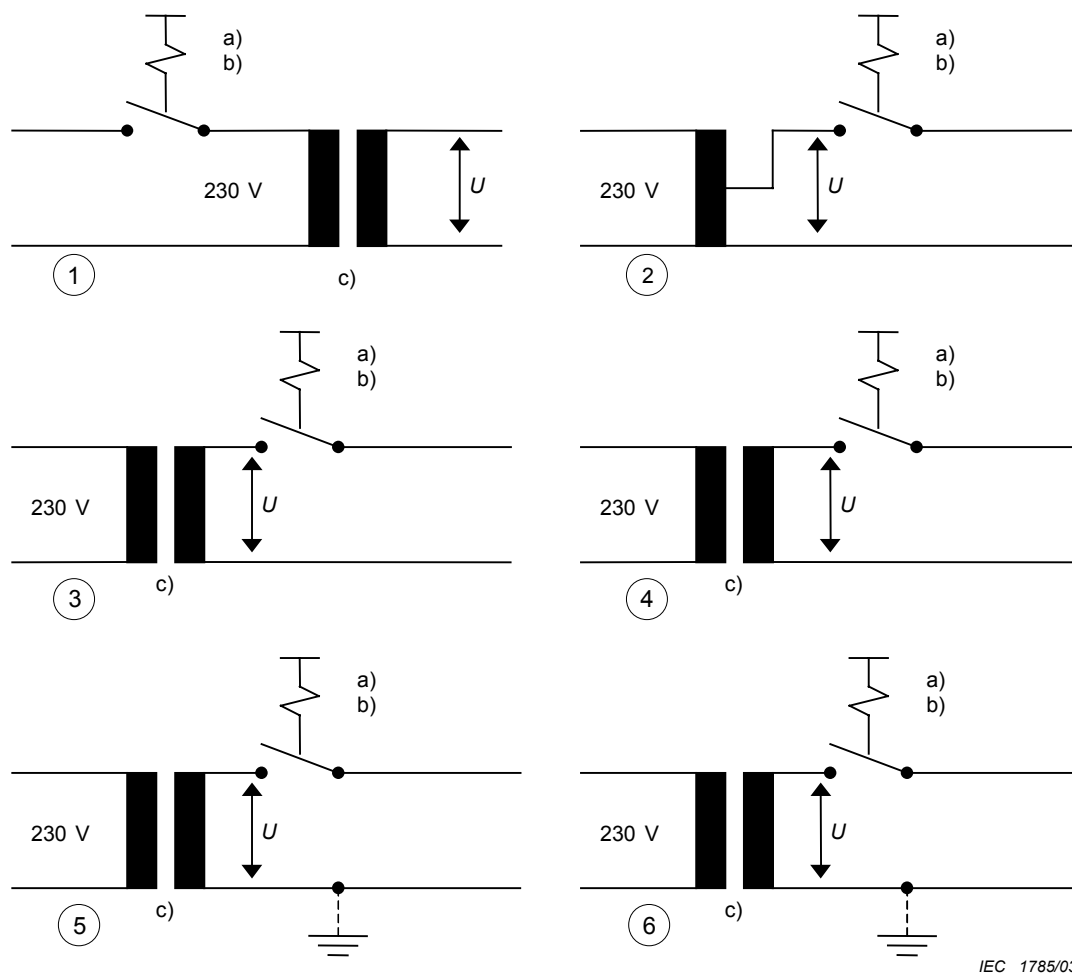
Exemple	U tension efficace du côté secondaire	c) Isolant du transformateur ¹⁾	a) Elément de commande conducteur et relié au PE ¹⁾	b) Elément de commande non relié au PE ¹⁾
1	N/A	N/A	IP pour 230 V	IDR pour 230 V
2	≤ 230 V	N/A	IP pour 230 V	IDR pour 230 V
3	≤ 25 V (TBTF)	IP pour 230 V	IP pour U	IP pour 230 V ²⁾
4	> 25 V, ≤ 230 V	IP pour 230 V	IP pour U	IDR pour U , au moins IP pour 230 V ²⁾
5	≤ 25 V (TBTP ou TBTS)	IDR pour 230 V ³⁾ séparation de protection	IP pour U	Pas nécessaire
6	≥ 25 V, ≤ 50 V (TBTP ou TBTS)	IDR pour 230 V ³⁾ séparation de protection	IP pour U	IP pour U
	≥ 50 V, ≤ 230 V		IP pour U	IDR pour U

¹⁾ IP = isolation principale; IDR = isolation double ou renforcée.

²⁾ L'isolation principale du transformateur, associée à l'isolation principale de l'interrupteur forme l'isolation double de la surface accessible de l'interrupteur pour la tension alternative d'entrée de 230 V.

³⁾ La tension d'isolation assignée pour les lignes de fuites et pour la tension d'extinction des décharges partielles a pour valeur $U + 230$ V c.a.

Figure A.5 – Exemples pour l'isolation d'éléments de commande
(par exemple, petit interrupteur à bascule ou interrupteur à contact passager) dépendant de la tension et de l'isolation du circuit lui-même et du circuit adjacent



IEC 1785/03

Example	U r.m.s. voltage on secondary side	c) Transformer insulation ¹⁾	a) Control element conductive and connected to PE ¹⁾	b) control element not connected to PE ¹⁾
1	N/A	N/A	BI for 230 V	DRI for 230 V
2	≤ 230 V	N/A	BI for 230 V	DRI for 230 V
3	≤ 25 V (FELV)	BI for 230 V	BI for U	BI for 230 V ²⁾
4	> 25 V, ≤ 230 V	BI for 230 V	BI for U	DRI for U , at least BI for 230 V ²⁾
5	≤ 25 V (PELV or SELV)	DRI for 230 V ³⁾ protective separation	BI for U	Not required
6	≥ 25 V, ≤ 50 V (PELV or SELV)	DRI for 230 V ³⁾ protective separation	BI for U	BI for U
	≥ 50 V, ≤ 230 V		BI for U	DRI for U

¹⁾ BI = Basic Insulation; DRI = Double or Reinforced Insulation.

²⁾ BI of the transformer together with BI of the control element results in double insulation of the accessible surface of the control element with respect to an input voltage of 230 V.

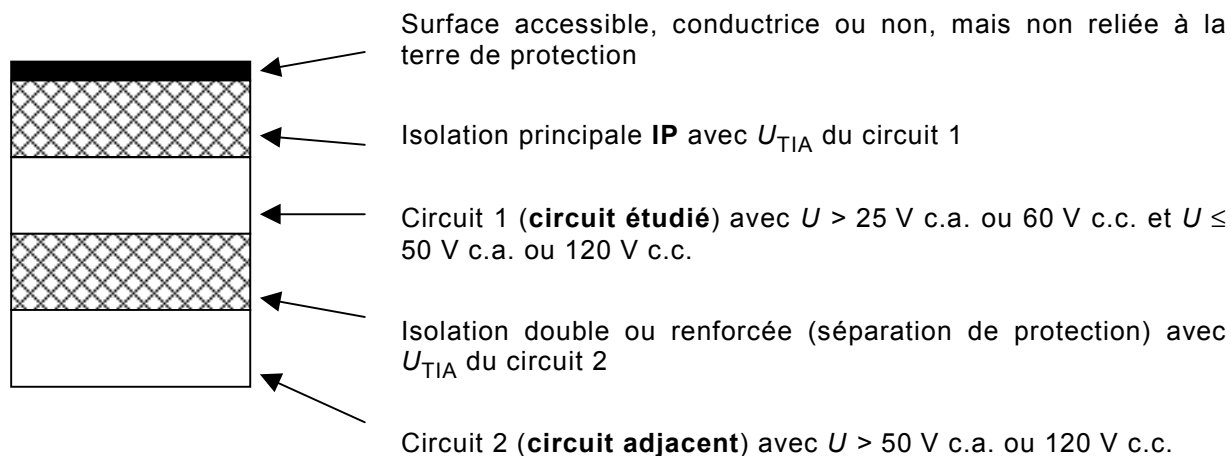
³⁾ For creepage distances and partial discharge extinction, the rated insulation voltage is $U + 230$ V a.c.

Figure A.5 – Examples for the insulation of control elements
(for example small toggle switches or momentary-contact switches) depending on the voltage and insulation of the circuit itself and of the adjacent circuit

A.5.2.16 Distances d'isolement

Quatre exemples de détermination des distances d'isolement sont donnés dans la Figure A.6:

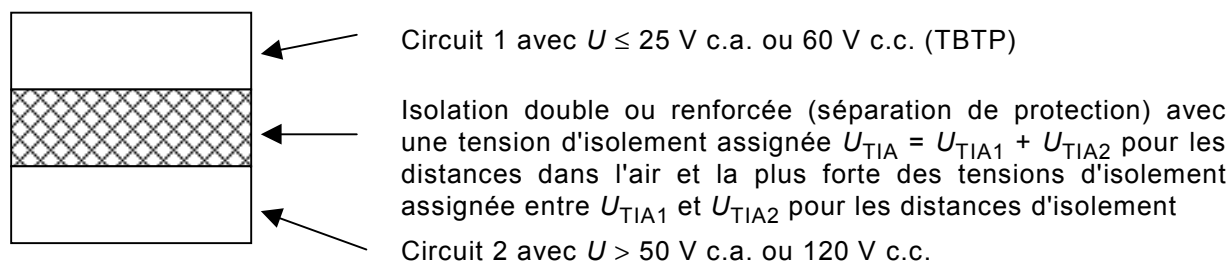
Exemple 1



IEC 1786/03

Voir aussi les schémas des Figures 9 et 12

Exemple 2



IEC 1787/03

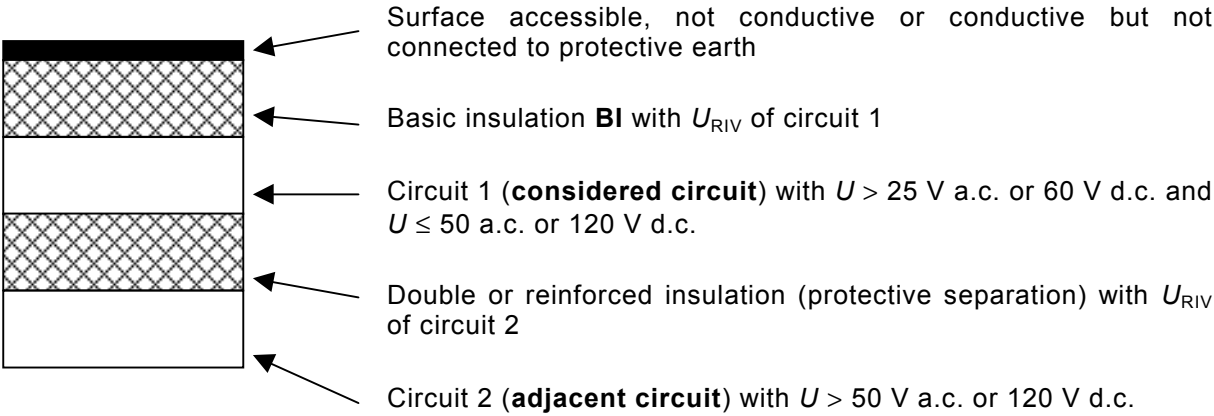
Voir aussi les schémas des Figures 10 et 13

Figure A.6 – Exemples de détermination des distances d'isolement
(suite pages suivantes)

A.5.2.16 Clearances

Four examples for the design of clearance are shown in Figure A.6:

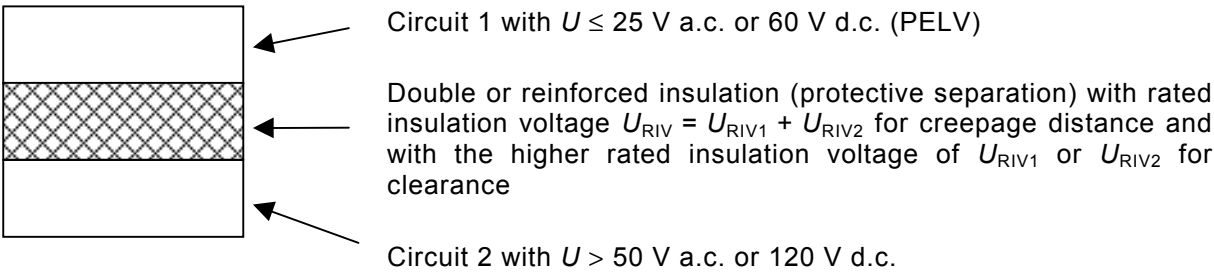
Example 1



IEC 1786/03

See also Figure 9 and Figure 12

Example 2

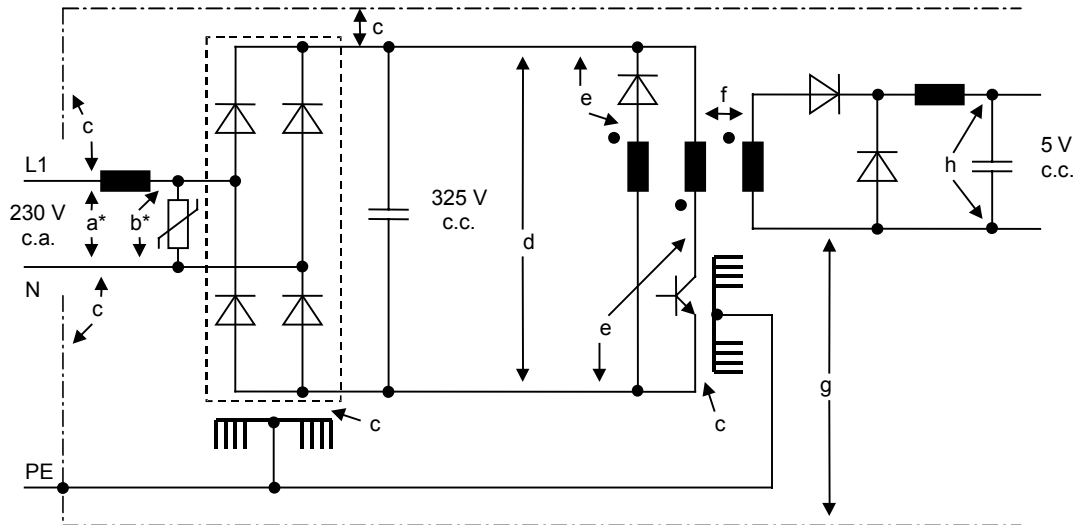


IEC 1787/03

See also Figure 10 and Figure 13.

Figure A.6 – Examples for the design of clearances (continued overleaf)

Exemple 3

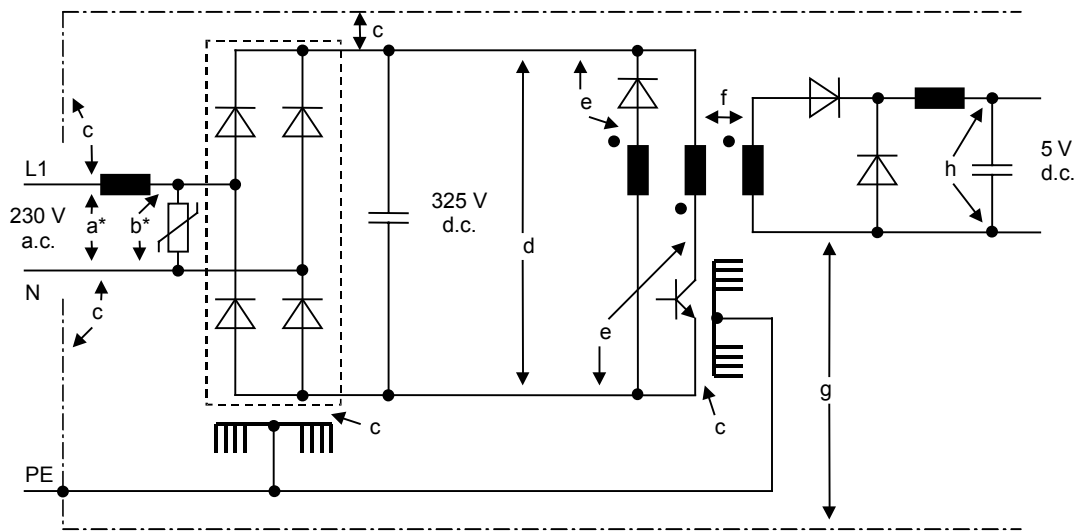


IEC 1788/03

	Distance d'isolement selon	Distance d'isolement mm		Distance d'isolement selon	Distance d'isolement mm
a*	Tableau 4	1,0	e	Tableau 5	1,1
b*	Tableau 5	0,36	f	Tableau 3	3,0 (IP) 5,5 (renforcé)
c	Tableau 3	3,0	g	Tableau 4	0,2
d	Tableau 5	0,36	h	Tableau 5	0,2

*) Ces distances d'isolement sont définies conformément à l'alinéa 2 de 5.2.16.3, d'après le Tableau 4 qui s'applique au circuit amont de la self reliée au réseau (distance de 1 mm) et le Tableau 5 qui s'applique à son circuit aval côté charge (distance de 0,36 mm).

Example 3

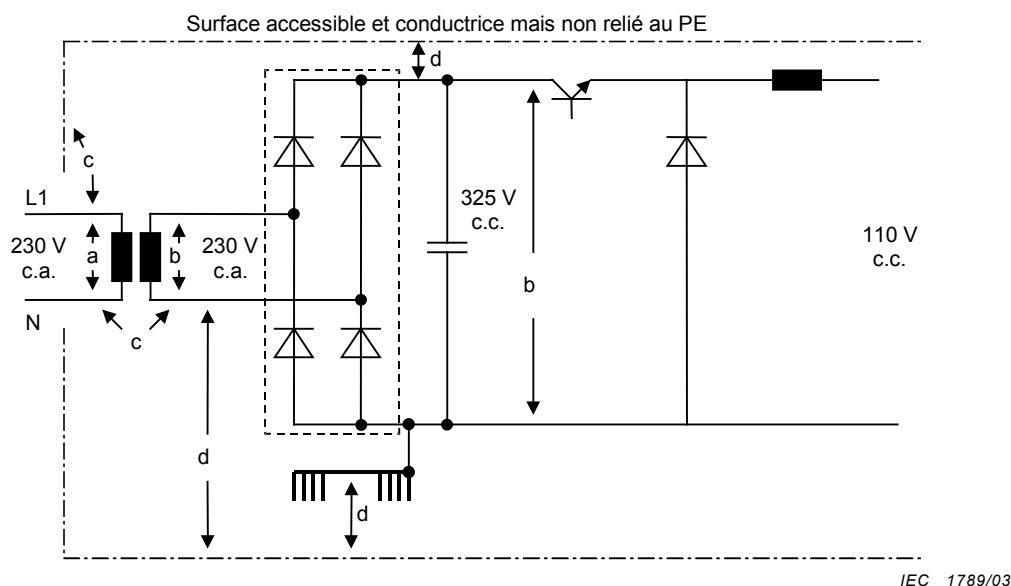


IEC 1788/03

	Clearance according to	Clearance mm		Clearance according to	Clearance mm
a*	Table 4	1,0	e	Table 5	1,1
b*	Table 5	0,36	f	Table 3	3,0 (basic) 5,5 (reinforced)
c	Table 3	3,0	g	Table 4	0,2
d	Table 5	0,36	h	Table 5	0,2

* Following paragraph 2 of 5.2.16.3, these clearances are designed according to Table 4 which applies to the supply mains side of the choke (clearance of 1 mm) and Table 5 which applies to the load side of the choke (clearance of 0,36 mm).

Exemple 4



Le transformateur relié au réseau réalise la séparation de protection, il est conçu pour l'isolation renforcée.

	Distance d'isolement selon	Distance d'isolement mm		Distance d'isolement selon	Distance d'isolement mm
a	Tableau 4	1,0	c	Tableau 3	5,5
b	Tableau 5	0,36	d	Tableau 4	2,2

Figure A.6 – Exemples de détermination des distances d'isolement (suite)

A.5.2.18 Séparation de protection

A.5.2.18.1 Mesures constructives

Il convient qu'un EE, dont la protection des circuits électriques est réalisée par la séparation des circuits, soit conçu de telle sorte qu'un seul défaut mécanique ne puisse diminuer son isolation au point qu'elle ne puisse satisfaire aux exigences imposées par l'isolation principale. Par «défaut mécanique», on entend, par exemple, une partie conductrice repliée ou détachée, une broche à souder tordue, un fil de liaison à un bobinage cassé, une vis desserrée et libérée de son logement. Toutefois, il n'est pas nécessaire de prendre en considération dans cette étude le cas de l'apparition simultanée de défauts survenants à deux éléments indépendants.

Cette recommandation peut être satisfaite de la façon suivante:

- par des mesures contre le fléchissement, le desserrage ou la désolidarisation accidentelle d'éléments conducteurs,
- et/ou par une protection contre le court-circuitage des distances d'isolement et des lignes de fuites, formant la séparation de protection.

Mesures pour éviter le fléchissement d'éléments conducteurs:

- rigidité mécanique suffisante;
- imprégnation ou moulage de composants;
- barrières mécaniques.

Example 4

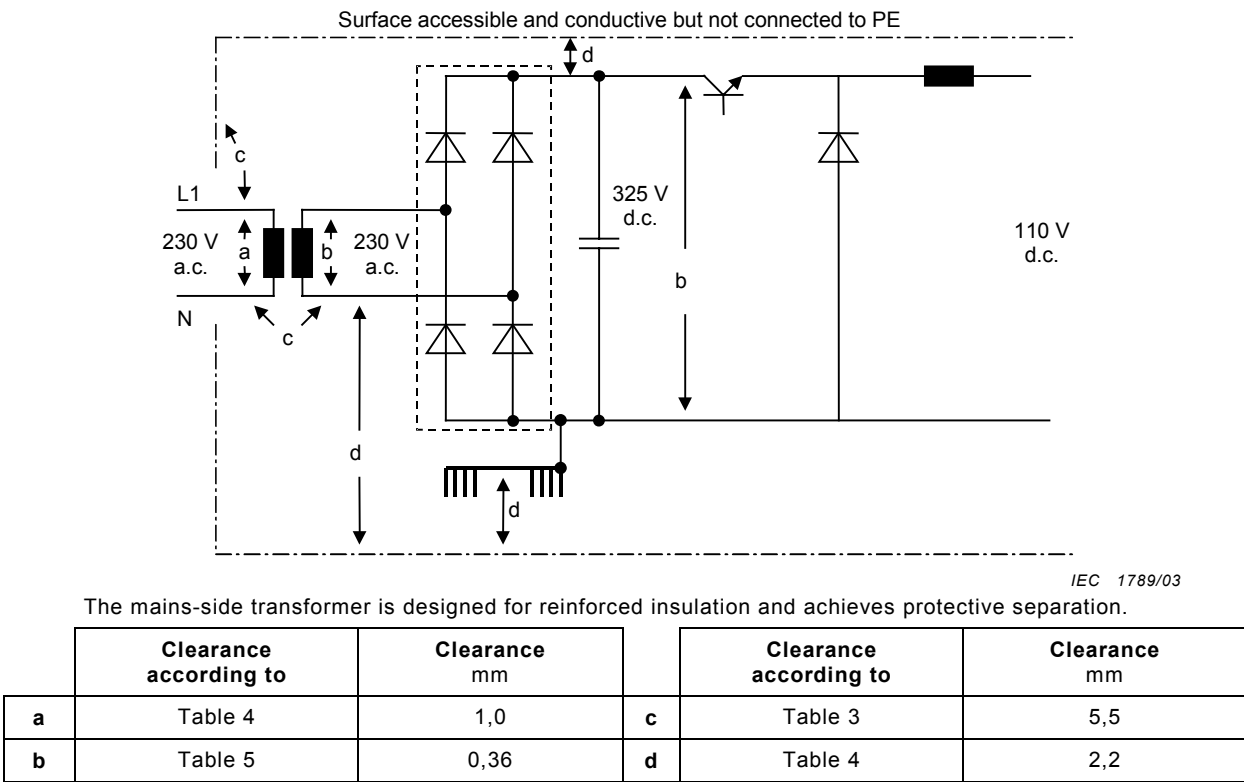


Figure A.6 – Examples for the design of clearances

A.5.2.18 Protective separation

A.5.2.18.1 Constructive measures

An EE, the electrical circuits of which are protectively separated should be designed in such a manner that a single mechanical fault – (for example, a bent or detached conductive part such as a bent solder pin, a broken winding (coil) wire, detached soldering point, a loosened and fallen screw) – should not have the result of impairing the insulation to such a degree that it no longer fulfils the requirements for basic insulation. The design, however, need not consider the simultaneous bending, unfastening, or detachment of two mutually independent parts.

This recommendation can be fulfilled by the following:

- Measures taken against bending or unintentional unfastening or detachment of conductive parts;
- and/or protection against bridging of clearances and creepage distances which serve to provide protective separation.

Measures against bending of conductive parts include the following:

- sufficient mechanical stability;
- impregnation or casting of components;
- mechanical barriers.

Mesures pour éviter le desserrage ou la désolidarisation accidentels d'éléments conducteurs:

- blocage des vis et des écrous par du vernis, mise en place de rondelles de blocage, emploi de dispositifs de serrage prisonniers;
- fixation des fils de liaison soudés, serrés, vissés, sertis ou embrochés, au moyen d'attaches ou par des techniques d'imprégnation ou de moulage;
- maintien des connexions débrochables, composants/dispositifs ou sous-ensembles embrochés, au moyen de dispositifs de verrouillage ou de serrage par vis.

Les mesures suivantes peuvent être prises pour éviter une réduction accidentelle des distances d'isolement ou des lignes de fuite par des éléments conducteurs détachés ou dessertis:

- utilisation de dispositions adéquates, par exemple un montage vertical ou suspendu;
- mise en place de barrières mécaniques.

Il convient de mettre en place des enveloppes et des barrières (voir 5.2.4) pour protéger l'EE contre la pénétration de corps étrangers conducteurs.

Lorsqu'on applique les règles de la séparation de protection aux conducteurs, il convient de les faire cheminer, de préférence, séparément. Voir également A.7.1.10.2 pour ce qui concerne le câblage réel des conducteurs et les mesures de protection afférentes. Si une telle séparation physique n'est pas réalisable, il convient alors d'appliquer les mesures suivantes:

- Pour réaliser la séparation de protection, il convient de doter les conducteurs d'une isolation double ou renforcée (conformément à 5.2.18.2), ou d'un écran de protection (conformément à 5.2.18.3). Pour réaliser la séparation de protection des câbles multi-brins, des fils, ou des torons de fils (par exemple, faisceaux de câbles), la double isolation est réalisée, par exemple, en s'assurant que l'isolation de chaque brin tient compte de la plus grande tension de service à laquelle sera soumise le câble ou le toron.
- Il convient d'éviter de plier contre une arête vive les fils dont la séparation de protection est constituée par l'isolant. Lorsque, dans le cas d'une connexion enroulée par exemple, on ne peut éviter d'enrouler ou de plier un fil sur une broche tranchante, il convient alors de protéger l'arête tranchante de cette broche en la recouvrant d'un manchon isolant suffisamment solide, pour éviter la détérioration de l'isolant du fil.

NOTE Dans les panneaux de borniers, pour les connexions enroulées par exemple, la séparation de protection est, en particulier, mise en péril par la possibilité de courbure excessive d'une broche.

- Il convient que le câblage de l'EE, de ses composants/dispositifs, et de ses sous-ensembles, soit étudié et réalisé afin de conserver les dimensions des distances d'isolement et des lignes de fuite exigées par la séparation de protection. Celles-ci ne devraient pas se trouver réduites, soit après la connexion, soit après la flexion des câbles. Cette disposition s'applique aussi aux circuits imprimés.

A.5.2.18.7 Dispositifs bobinés

Il s'agit entre autres des transformateurs, transformateurs de mesure, transducteurs, inductances, bobines de manœuvre de relais, contacteurs équipés de plusieurs bobines:

Afin d'assurer la séparation de protection des enroulements, il convient de prendre des mesures pour éviter les défauts ci-après:

- déplacement indésirable des enroulements ou de leurs spires, surtout sur le bord des couches de bobinage;
- déplacement indésirable des spires ou du câblage interne, en cas de coupure près des connexions ou du desserrage ou du détachement des connexions.

Measures taken against the unintentional unfastening or detachment of conductive parts include the following:

- securing of screws and nuts by means of locking paint, spring lock washers, tooth lock washers, and the like; employment of captive screws;
- fastening of soldered, clamped, screwed-down, crimped, or plug-connected wires by means of tying-off, impregnation, or casting techniques;
- securing of plug connections and plug-in components/devices or sub-assemblies by means of locking or screwing techniques.

The following are measures for the protection of clearances or creepage distances against bridging by unfastened or detached conductive parts:

- suitable arrangement, for example, vertical or hanging arrangements;
- mechanical barriers.

Enclosures and barriers (see 5.2.4) should apply for protection against extraneous conductive parts which could fall into the EE.

Conductors with the requirement of protective separation should preferably be laid physically separated from each other. Also see A.7.1.10.2 with respect to the effective routing and mechanical and protective measures of conductors. If such a physically separate installation is not feasible, then the following should apply:

- For purposes of protective separation with respect to each other, leads should be provided with double or reinforced insulation (in accordance with 5.2.18.2) or protective screening (according to 5.2.18.3). For the purpose of protective separation in multi-core cables, leads, and clusters of leads (for example, wiring harnesses), double isolation is achieved, for example, by ensuring that the insulation for each core conforms with the requirements of the greatest operating voltage occurring in the cable, lead, or cluster of leads;
- Leads which have the task of providing protective separation by their insulation should not lie against sharp edges. If, in the case of a wirewrap arrangement, for example, where the turning or bending of a lead at a sharp pin cannot be avoided, then the lead should be protected from the sharp edge of the pin by means covering the pin with an insulating sleeve which provides sufficient mechanical strength to prevent cutting action occurring.

NOTE In termination panels – for wrapped wiring, for example – protective separation is particularly endangered by the possibility of the excessive bending of a pin.

- Connections of the item of EE as well as of its components/devices and sub-assemblies should be configured and designed in such a manner that the clearances and creepage distances required for protective separation are effectively maintained and are not reduced even after the proper connection of the required connecting leads, and even after bending of the connecting leads. This stipulation also applies to printed conductors on circuit boards.

A.5.2.18.7 Coil devices

Coil devices (transformers, instrument transformers and transducers, reactors, and operating coils of relays and contactors with multiple windings).

In order to ensure protective separation of windings, measures should be implemented which prevent the following:

- undesirable shifting of the windings or of their turns, especially at the edge of the winding layers;
- undesirable shifting of turns or of the inner wiring, in the case of breakage near connections or of unfastening or detachment of connections.

Les mesures destinées à éviter le déplacement accidentel des enroulements ou des fils peuvent inclure l'emploi:

- d'enroulements avec ou sans support de bobine, sur les différentes parties de l'ossature de celui-ci;
- des enroulements dans les différents logements du support de bobine. Dans le cas où les séparateurs entre logements sont simplement enfoncés en place, il convient d'assurer un recouvrement suffisant des joints résultants;
- des couches intermédiaires d'isolants rigides (plaques de presspahn) qui dépassent suffisamment les enroulements dans le cas d'enroulements sans flasque, ou qui remplissent complètement les jeux avec les flasques, dans le cas de supports de bobine avec flasques. Dans ce dernier cas, il convient aussi d'assurer un recouvrement suffisant de l'espace entre la bobine et le flasque;
- d'adjonction d'isolant de remplissage dans les couches incomplètes d'enroulement;
- de couches intermédiaires de feuilles découpées, ayant une largeur telle qu'elles affleurent le flasque du support de bobine et qu'elles empêchent les spires d'extrémité de s'interpénétrer;
- d'enroulement par couches avec des couches intermédiaires d'isolant, par exemple, avec des feuilles découpées;
- de blocage des spires d'extrémités au moyen de ruban adhésif ou autre moyen approprié;
- de traitement des enroulements par imprégnation ou coulée d'un produit qui durcit et remplit complètement les interstices et qui maintient solidement les spires d'extrémité. Une coulée ou imprégnation sous vide est recommandée afin de pratiquement empêcher la formation de bulles de gaz (dont la présence pourrait provoquer des décharges partielles). Une telle imprégnation ou coulée n'est toutefois convenable que si l'on s'assure avec soin qu'aucun déplacement indésirable de l'enroulement n'a eu lieu avant le durcissement. Ces déplacements indésirables peuvent être causés par des erreurs de fabrication, par des contraintes mécaniques ou des effets thermiques.

Il convient de prendre soin que toutes les distances d'isolement ou les lignes de fuite qui peuvent se développer dans les espaces entre enroulements et support de bobine, ou entre couches, et qui ne peuvent être totalement éliminés par imprégnation ou coulée, soient au moins conformes aux valeurs spécifiées en 5.2.15.1.

Si des feuilles d'isolant doivent être utilisées pour réaliser l'isolement, il convient de les utiliser en double couche dans le cas d'une isolation principale. Dans le cas d'une isolation renforcée, il convient de prévoir au moins trois couches. Il convient que le vernis ou l'émail ne soit pas considéré comme une protection suffisante pour l'isolation par rapport à un autre circuit, ou par rapport à une partie conductrice non isolée.

Il convient que les écrans de protection entre enroulements concentriques recouvrent les enroulements adjacents sur toute leur largeur et sur toute leur surface. L'écran de protection peut aussi être constitué par un enroulement de protection étudié de façon appropriée.

Les transformateurs de sécurité conformes à la CEI 60742 peuvent être employés dans les limites du domaine d'application de la CEI 60742 (par exemple fréquence assignée < 500 Hz), à condition:

- que l'isolation double ou renforcée, entre les circuits isolés par séparation de protection, ne provoque pas de décharges partielles; ou
- qu'ils soient capables de tenir des décharges partielles conformément à 5.2.18.5; et
- que l'essai de décharges partielles (conformément à 9.4.5.3) ait été subi avec succès lors de l'essai de type et lors des essais de prélèvement effectués à l'issue de l'essai diélectrique (conformément à la CEI 60742).

Measures taken against undesirable shifting of windings or wires can include the following:

- windings with or without coil form, on different limbs of the core;
- windings in different chambers of the coil form. In the event that the partition walls of the chambers are merely inserted into place, sufficient coverage of the intervening joint should be ensured;
- intermediate layers made of stiff insulation material (for example, presspan board) which extend sufficiently far beyond the windings when used with flangeless windings, or which completely fill the clearance width between flanges when used with coil forms with flanges. In the latter case, the intervening joint space up to the flange should also be sufficiently covered;
- filling out of not completely wound winding layers by means of insulating material;
- intermediate layer consisting of several thicknesses of feathered sheeting of such a width that the feathering lies flush against the flange of the coil form and thereby prevents individual edge windings from slipping through;
- layer-by-layer winding with insulating intermediate layers, for example, with feathered sheeting;
- securing of the edge windings by means of adhesive tape or other suitable means of fastening;
- impregnation or casting of the windings with material which hardens, and completely fills out the intermediate spaces, and which securely holds the edge windings. Vacuum impregnation or casting is recommended, in order to extensively exclude the formation of gas bubbles (the presence of which could promote partial discharge). Such impregnation or casting fulfils the purpose required, but, only if sufficient care is taken to ensure that undesirable shifting of a winding does not occur before hardening. Production faults, mechanical action, or thermal effects can cause such undesired shifting.

Care should be taken that any clearances or creepage distances – (which may develop over gaps and separating joints of the coil forms, or over intermediate layers, and which may not be able to be reliably eliminated by impregnation or casting) – comply at least with the values stipulated in 5.2.15.1.

If insulating foil is to be used for insulation, then this foil should consist of at least two layers for basic insulation purposes. For purposes of reinforced insulation, it should consist of at least three layers. Varnish or enamel insulation of the wires should not be considered as insulation with respect to another circuit or to an exposed conductive part.

The protective screen between concentrically configured windings should cover the adjacent windings over the entire width and the entire extent. The protective screen may also consist of an appropriately designed shielding winding.

Safety isolating transformers in accordance with IEC 60742 may be employed – (whilst observing the restrictions of the scope of application of IEC 60742 (for example, rated frequency < 500 Hz)) – under the condition

- that the double or reinforced insulation between the protectively separated circuits, does not produce partial discharge; or
- that it be capable of withstanding partial discharge according to 5.2.18.5; and
- that the partial discharge test be successfully passed according to 9.4.5.3 for the type test and the sample tests conducted after the voltage test according to IEC 60742.

Pour l'essai aux ondes de chocs, et pour l'essai aux décharges partielles, voir 9.4.5.3 et 9.4.5.1.

Les transformateurs de sécurité pour des fréquences supérieures à 500 Hz sont à l'étude.

NOTE L'essai diélectrique des transformateurs de sécurité suivant la CEI 60742 risque de détériorer l'isolation entre le primaire et le secondaire par suite de l'apparition de décharges partielles. L'essai aux décharges partielles spécifié ci-dessus sert à identifier les transformateurs non conformes.

A.5.2.18.8 Appareillages et composants électromécaniques

L'appareillage et les composants électromécaniques forment une interface entre différents circuits (interrupteurs, relais tout ou rien, contacteurs, disjoncteurs).

Il est particulièrement important dans le cas de l'appareillage sous enrobage et des composants électromécaniques (relais tout ou rien, voir la CEI 61810-1) que le desserrage ou que le détachement d'une partie mobile (par exemple, contact, ressorts, etc.) n'ait pas pour effet d'endommager l'isolant destiné à la séparation de protection.

Dans le cas d'appareillage qui génère de puissants arcs électriques lors de son fonctionnement normal, il convient de prévoir que les lignes de fuite destinées à la séparation de protection conservent dans le temps leurs propriétés isolantes. Cette protection peut être réalisée, par exemple, soit par la réalisation d'une séparation physique suffisante, soit par enrobage.

A.5.2.18.9 Semi-conducteurs et matériels à semi-conducteurs

L'utilisation des jonctions de semi-conducteurs, pour la séparation de protection des circuits, est interdite.

Les matériels à semi-conducteurs, y compris les hybrides, comme par exemple, les contacteurs statiques, les transformateurs électroniques, les convertisseurs, les coupleurs optoélectroniques, les amplificateurs d'isolement, et les alimentations compactes, peuvent être utilisés pour réaliser une protection par séparation de protection, s'ils sont conçus et montés conformément à 5.2.18. Il convient que ces interfaces de transfert d'énergie ou d'informations satisfassent aux exigences des dispositifs bobinés (suivant A.5.2.18.7) ou à celles des optocoupleurs.

Pour l'essai diélectrique voir 9.4.5.2, pour l'essai aux décharges partielles voir 9.4.5.3 et pour l'essai aux ondes de choc voir 9.4.5.1.

A.5.2.18.10 Connecteurs et borniers

L'isolation par séparation de protection peut être réalisée dans un connecteur de branchement de fils ou de liaison entre sous-ensembles par la suppression ou le non câblage de broches de contact (éloignement des parties actives). Il convient que la cassure ou le pliage d'une broche ne réduise pas l'isolation au point que celle-ci ne puisse plus satisfaire aux exigences de l'isolation principale.

Les dispositions de 5.2.8.5 et 7.1.9 s'appliquent pour se protéger en cas de permutation intempestive des connecteurs et en cas d'inversion des polarités des connecteurs.

Dans le cas des borniers utilisés pour relier entre eux des sous-ensembles ou des matériels, des mesures supplémentaires sont indispensables afin d'éviter le raccordement erroné intempestif de tels EE. Ces mesures s'ajoutent à celles exigées pour la réalisation correcte des distances d'isolement et des lignes de fuite. Il convient de réaliser ces mesures de la façon suivante:

- soit en séparant les bornes par un intervalle au moins égal à la largeur d'une borne;

For partial discharge and impulse voltage tests, see 9.4.5.3 and 9.4.5.1.

Safety isolation transformers above 500 Hz are under consideration.

NOTE When conducting the voltage test of safety isolating transformers in accordance with IEC 60742, there is the danger that the test will damage the insulation between the input and output side as a result of the partial discharge which occurs. The stipulated partial-discharge test mentioned above serves to identify unsuitable transformers.

A.5.2.18.8 Switchgear and electromechanical components

Switchgear and electromechanical components which form an interface between different circuits (switches, all-or-nothing relays, contactors, circuit breakers).

It is especially important in cases of encapsulated switchgear and electromechanical components (for example, all-or-nothing relays, see IEC 61810-1) to ensure that the unfastening or detachment of a movable part (for example, contact pieces, contact springs, and the like) will not result in damage of the insulation provided for purposes of protective separation.

In the case of switchgear which generates strong electrical arcs during operation (as intended), the creepage distances which serve for protective separation should be configured in such a manner that they maintain their long term insulation function. Protection can be afforded, for example, by ensuring sufficient physical separation, or by encapsulation.

A.5.2.18.9 Semiconductor components and semiconductor configurations

Semiconductor junctions for use as protective separation of circuits are not permitted.

Semiconductor configurations, also including hybrids, for example, semiconductor contactors, electronic transformers and convertors, optical couplers, isolation amplifiers, and compact power supplies are permitted for protective separation if they are designed and implemented according to 5.2.18. The energy- or information-transfer interfaces for protective separation should then satisfy the requirements for coil devices (according to A.5.2.18.7) or for optical coupler elements.

For the voltage insulation test, see 9.4.5.2, for the partial discharge test, see 9.4.5.3 and for the impulse voltage test, see 9.4.5.1.

A.5.2.18.10 Connectors and terminal blocks

Insulation for protective separation may be provided within connectors for connecting leads, or for electrical connection of sub-assemblies by omitting or not connecting contact tips or points (for example creating space). A bent or broken-off contact tip/point should not impair the insulation for protective separation to the extent that it no longer fulfils the requirements for basic insulation.

The requirements of 5.2.8.5 and 7.1.9 apply for the non-interchangeability and for protection against polarity reversal of connectors.

In the case of terminal blocks for the connection of sub-assemblies and devices, additional measures are required – in addition to those for sufficient clearances and creepage distances – to effectively prevent the unintentional false connection of such EE. These measures should be implemented by the following:

- either a separation interval of at least the width of one terminal clamp;

- ou en ne reliant pas une borne;
- ou en raccordant une borne au conducteur de protection;
- ou par la mise en place d'un isolant intermédiaire dépassant le bloc bornier côté raccordement;
- ou par la mise en place d'un écran dépassant le bloc bornier du côté raccordement;
- ou par l'emploi, pour ces circuits, de bornes de tailles différentes;
- ou par l'emploi de repérage clair et sans ambiguïté; code de couleur apparent par exemple.

(Voir aussi 7.1.8, 7.1.10.2 et 7.2.1).

Il convient de prendre des mesures efficaces pour éviter la détérioration de l'isolant, servant de séparation de protection, au point de lui faire perdre ses qualités d'isolation principale, lorsque le débranchement d'un connecteur ou d'un bornier risque de provoquer la coupure, le desserrage, ou le détachement d'un fil.

A.5.3 Règles vis-à-vis de la protection contre les chocs électriques – Règles à appliquer aux EE mis en place dans des installations

A.5.3.2.4 Equipotentialité de protection entre conducteur de référence et conducteur de protection

Si dans une installation, une référence commune à plusieurs EE, est reliée plus d'une fois au conducteur de protection, les bornes de ce conducteur de protection doivent faire partie d'un réseau équipotentiel de protection afin d'éviter une surcharge au conducteur de référence, lors d'un court-circuit à la masse.

A.6 Exigences et conditions liées à l'environnement

Exigence générale pour la compatibilité de l'EE à son environnement

La règle essentielle consiste à maintenir la compatibilité de l'EE avec tous les environnements dans lesquels il peut être placé, quelle que soit leur sévérité. Les conditions d'environnement auxquelles est soumis l'EE doivent cependant rester dans les limites spécifiées par cette norme. On ne tient pas compte de la fréquence des variations des conditions d'environnement à laquelle est soumis l'EE pendant sa durée de vie spécifiée.

Aspects généraux de la compatibilité de l'EE avec son environnement

On définit la compatibilité de l'EE avec son environnement par son aptitude à effectuer toutes les fonctions pour lesquelles il a été construit, et à ne subir aucune avarie temporaire ou permanente du fait de ces conditions d'environnement, quelle que soit leur combinaison. Il s'ensuit que la compatibilité de l'EE à son environnement, est la somme des niveaux d'immunité à chacune des caractéristiques de l'environnement, lorsqu'elles sont appliquées simultanément selon les combinaisons et les fréquences de variation les plus sévères.

A.6.1.2 Humidité et pression atmosphérique

La Figure A.7 montre la relation existant entre l'humidité et la température de l'air.

- or one terminal clamp which is not connected;
- or one terminal clamp connected to the protective earth conductor;
- or one intermediate insulating piece which extends above the terminals on the connection sides;
- or one protective screen which extends above the terminals on the connection sides;
- or employment of terminals of different sizes for these circuits;
- or employment of highly obvious designation, for example, by apparent colour coding.

(See also 7.1.8, 7.1.10.2 and 7.2.1).

When breaking the connection of connectors and terminal blocks and when there is a danger through mechanical action of breaking a lead or unfastening or detaching a lead, the insulation serving as protective separation could be damaged to the extent that the requirements for basic insulation are no longer satisfied, then effective measures should be taken to prevent such damage.

A.5.3 Requirements for EEs in installations with regard to protection against electric shock

A.5.3.2.4 Equipotential bonding between reference conductor and protective conductor

If several EEs of an installation have a common reference conductor and, if this is connected to the protective conductor more than once, then these protective conductor terminals should be included in an equipotential bonding in order to avoid overloading the reference conductor during a short-circuit to exposed conductive parts.

A.6 Environmental requirements and conditions

General requirement for compatibility of EE to its environment

It is a further requirement that the compatibility of the EE to all its environments should be maintained despite adverse combinations of environmental conditions, provided that these are individually still within the ranges set by this standard and despite any rates of change of these environmental conditions to which the EE may be subjected throughout its specified working life.

General aspects for compatibility of EE to its environment

The compatibility of EE to its environment is defined as its ability to perform all its specified functions throughout the specified range of environmental conditions and not to sustain any temporary or lasting damage due to the imposition of these environments whatever their combination. In this respect, the compatibility of an EE to its total environment is the sum of the immunity levels provided against each environmental condition when simultaneously applied in their most adverse combinations and rates of change.

A.6.1.2 Humidity and air pressure

Figure A.7 shows the correlation of humidity and temperature of the air.

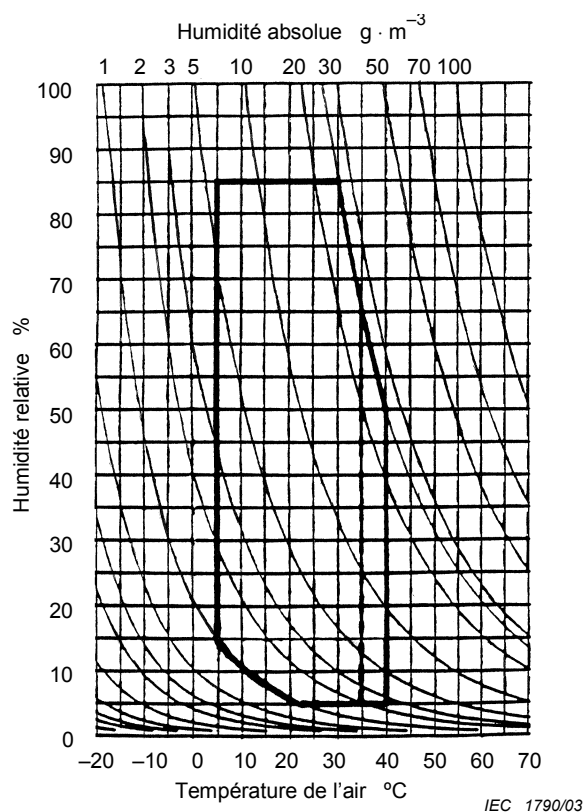


Figure A.7 – Relation entre l'humidité et la température de l'air

Limites des conditions normales de fonctionnement conformément au Tableau 7, classe 3K3.

A.6.1.3 Pollution (atmosphérique)

Lorsqu'un EE est obligatoirement implanté dans des zones où l'atmosphère peut être fortement corrosive, il convient d'attirer tout particulièrement l'attention sur la nécessité d'extraire les composés gazeux corrosifs de cette installation.

Les données relatives aux valeurs limites de composés gazeux corrosifs sont imprécises. Cependant, le Tableau A.2 peut servir de guide pour l'air de refroidissement des armoires standards. Le refroidissement indirect peut se révéler nécessaire dans certains cas.

Tableau A.2 – Concentration maximale des composés gazeux corrosifs

Type de gaz	Valeurs limites
Humidité relative	50 % HR
Taux de variation de l'humidité relative	0,1 %/min
Taux de variation de la température	40 °C
Température	0,1 K/min
Anhydride sulfureux (SO ₂)	30 x 10 ⁻⁹
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	10 x 10 ⁻⁹
Oxyde d'azote (NO _x)	30 x 10 ⁻⁹
Chlore (Cl ₂)	10 x 10 ⁻⁹
Fluorure d'hydrogène (HF)	10 x 10 ⁻⁹
Ammoniac (NH ₃)	500 x 10 ⁻⁹
Ozone (O ₃)	5 x 10 ⁻⁹

NOTE Les valeurs de température et d'humidité relatives données ci-dessus ne doivent pas être confondues avec celles du Tableau 7.

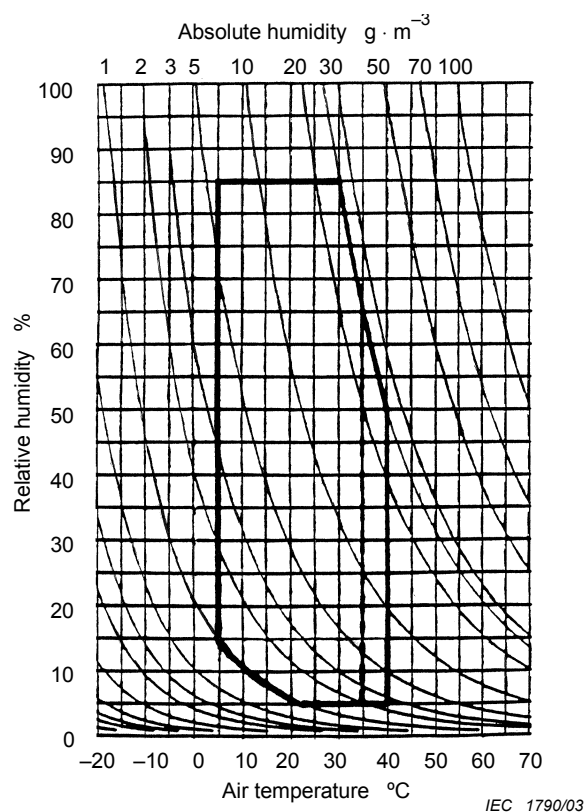


Figure A.7 – Correlation between humidity and temperature of the air

Range for normal conditions of operation according Table 7, class 3K3.

A.6.1.3 Pollution (atmospheric)

Particular attention should be given to the exclusion of corrosive gases in installations where EE is necessarily located in areas where the atmosphere is likely to be heavily corrosive.

Informative data relating to the limiting values are uncertain, but Table A.2 may be used as a guide, in relation to the cooling air used in standard enclosures. Indirect cooling may however be necessary in some applications.

Table A.2 – Maximum concentration of corrosive gases

Gas	Limits
Humidity	50 % RH
Humidity rate of change	0,1 %/min
Temperature	40 °C
Temperature rate of change	0,1 K/min
Sulphur dioxide (SO ₂)	30 x 10 ⁻⁹
Hydrogen sulphide (H ₂ S)	10 x 10 ⁻⁹
Nitrous fumes (NO _x)	30 x 10 ⁻⁹
Chlorine (Cl ₂)	10 x 10 ⁻⁹
Hydrogen fluoride (HF)	10 x 10 ⁻⁹
Ammonia (NH ₃)	500 x 10 ⁻⁹
Ozone (O ₃)	5 x 10 ⁻⁹

NOTE The humidity and temperature values shown in this Table are not to be confused with the values given in Table 7.

Si le client prévoit que l'une des valeurs ci-dessus puisse être dépassée dans une zone où l'EE est implanté, il convient de prendre des mesures de protection pour la ramener à un niveau acceptable (choix d'une enveloppe adéquate, mise en place d'assécheur, de filtrage chimique, etc.).

Il convient que la corrosion du cuivre ne dépasse pas 30 nm en 28 jours.

A.6.1.4 Contraintes particulières

Lorsque les différents groupes de conditions climatiques définis dans le Tableau 7 ne peuvent s'appliquer du fait de contraintes particulières, il convient que l'EE satisfasse les exigences de la présente norme, même pour ces conditions particulières.

Il convient que l'utilisateur signale les contraintes climatiques particulières auxquelles l'EE sera soumis en service normal, par exemple, une implantation dans des sites proches de centrales à vapeur, dans des régions à température élevée ou en altitude, dans des zones de pollution chimique, de poussières conductrices, etc.

A.6.2.2.1 Exigences d'immunité aux vibrations mécaniques

L'essai de vibration Fc de la CEI 60068-2-6 a pour but de mettre en évidence des résonances mécaniques susceptibles de détériorer ou de provoquer un mauvais fonctionnement de l'EE. Il convient de supprimer la susceptibilité de l'EE à de telles résonances en modifiant sa conception de façon appropriée.

A.6.3 Exigences électriques et électromagnétiques

Certains domaines d'application ne sont pas, ou pas encore, pris en compte par les normes énumérées en 6.3. Par ailleurs, quelques normes ne sont pas encore ratifiées. En ce qui concerne les perturbations basses fréquences, il convient d'appliquer la norme CEM CEI 61000-2-4.

Des travaux sont présentés dans la CEI 61000-2-6 .

NOTE Ce sujet est à l'étude au sein du SC77A de la CEI, dans le cadre du projet «Lignes directrices et méthodes d'installation et d'atténuation» .

A.6.3.2 EE relié au réseau alternatif (immunité)

A.6.3.2.3 Creux de tension et coupures brèves

La plupart des réseaux peuvent avoir occasionnellement des creux de tension de courte durée, entre moins de dix et plusieurs centaines de ms. Ces creux de tension ont pour origine, soit des courts-circuits d'une partie ou de l'ensemble du réseau, dus par exemple à des défauts d'isolation, soit des ouvertures de parties du réseau, provoquées par le fonctionnement des protections du réseau de distribution (réenclenchement par exemple).

En général, il convient que l'EE satisfasse aux exigences de la norme générique d'immunité CEI 61000-6-2, paragraphes 4.4 et 4.5 pour les équipements en milieu industriel.

D'une façon générale, le comportement d'un EE en cas de creux de tension est très dépendant de sa charge et de son application. Si aucune norme spécifique ne s'applique, cela peut nécessiter un agrément entre l'utilisateur et le fabricant.

NOTE Pour les convertisseurs commutés par le réseau, et fonctionnant en onduleur, la tolérance à un creux de tension, même de faible durée, mais d'amplitude supérieure à 10 %, nécessite des précautions particulières et une puissance réactive accrue. Un défaut en fonctionnement en onduleur peut provoquer un arrêt de l'installation par fusion du fusible ou du fait du déclenchement du disjoncteur de protection.

If the customer expects any of the values given above to be exceeded in the areas where the EE is has to be located, measures should be taken to regulate the environment to restrict them to acceptable levels (for example by choice of enclosure, dehumidification or gas cleaning with chemical filters, etc.).

Copper corrosion should not be higher than 30 nm over 28 days.

A.6.1.4 Special stress

Where the climate groups in Table 7 do not apply, then the EE should be designed so that it also satisfies the requirements of this standard under these special stresses. In special cases, such as neighbouring steam generation, high ambient temperature, operation at high altitude, in chemically polluted or dusty air, conducting dust etc., the user should state the special climatic stresses to which the EE will be subjected in normal use.

A.6.2.2.1 Immunity requirement to mechanical vibration

The vibration test of IEC 60068-2-6, test Fc, is intended to reveal the mechanical resonances severe enough to cause possible damage or malfunction of the EE. Susceptibility of the EE to any such resonances should be removed by suitable modifications to the design of the EE.

A.6.3 Electrical and electromagnetic requirements

Some application areas are not or have not yet been dealt with in the standards mentioned in 6.3 and some standards have not yet been ratified. In the case of low frequency phenomena, EMC standard IEC 61000-2-4, should be applied.

Additional information is offered in IEC 61000-2-6

NOTE This subject is under consideration in IEC SC77A for example in the draft "Installation and mitigation guidelines and methods".

A.6.3.2 EE connected to a.c. supply mains (immunity)

A.6.3.2.3 Voltage dips and short supply interruptions

Most supplies will have occasional short-term voltage dips between less than 10 ms and several 100 ms. These voltage dips may result from partial or full short-circuits, caused for example by insulation failures, or may result in partially open circuits caused by the operation of protection in the distribution system, for example the effect of auto-reclosing.

EE should generally comply with the requirements of 4.4 and 4.5 in Table 4 of the generic EMC immunity standard IEC 61000-6-2 for equipment in industrial environments.

More generally, some EE behaviour resulting from the occurrence of voltage dips is very dependent on its load and its application. If no specific standard applies, it may require agreement between user and manufacturer.

NOTE In the case of line-commutated convertors operating in the inverter mode, the allowance of even a short-time voltage dip exceeding 10 % requires special design and increased reactive power. An inverter-fault may cause an interruption of operation in the event of fuse blowing or tripping of circuit breakers.

A.6.3.2.4 Tensions harmoniques et interharmoniques

Il convient que l'EE satisfasse aux exigences d'immunité, si la forme d'onde de sa tension d'alimentation correspond aux valeurs du niveau de compatibilité de la classe 3 de la CEI 61000-2-4.

A.6.3.2.5 Encoches de commutation

Les encoches de commutation sont des variations de la valeur instantanée du fondamental de la tension d'alimentation alternative (dus à la commutation du convertisseur de puissance). On trouvera différentes valeurs correspondantes en:

- 2.5.4.1 de la CEI 60146-1-1 pour les valeurs permanentes des encoches de commutation;
- 3.10 de la CEI 60146-1-2 pour le choix de la classe d'immunité;
- 3.8.1.1 à 3.8.1.3 de la CEI 61136-1 pour les conditions électriques de service.

La Figure A.8 montre un exemple d'encoches de commutation dans un réseau d'alimentation.

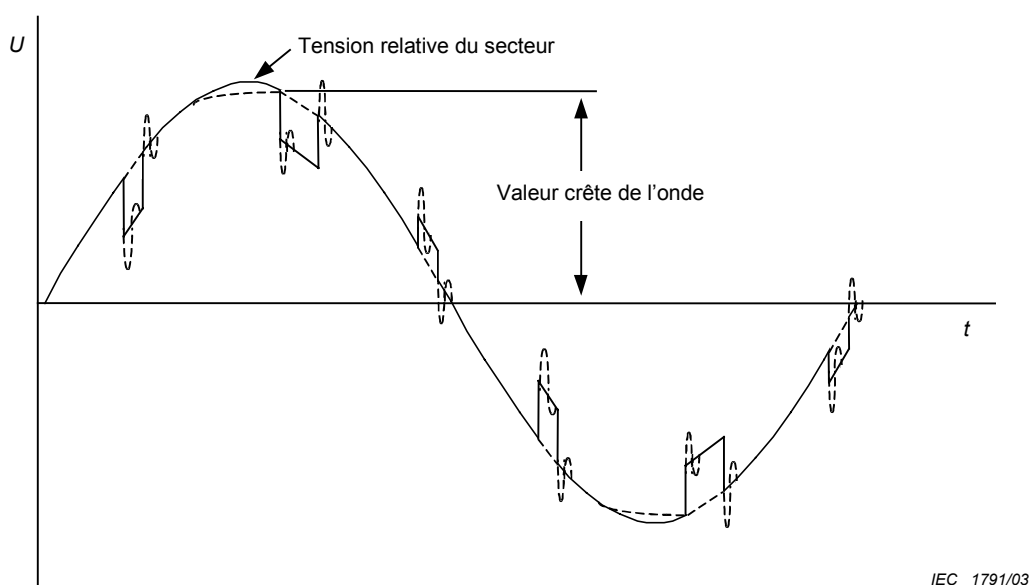


Figure A.8 – Creux de tension périodiques de l'alimentation alternative provoqués par le fonctionnement du convertisseur

La Figure A.8 montre l'apparition des creux sur la tension entre phases pour un pont triphasé complet.

A.6.3.2.6 Déséquilibre de tension

Il convient que l'immunité au déséquilibre de tension corresponde au niveau de compatibilité de la classe 3 de la CEI 61000-2-4.

A.6.3.3 EE relié à une alimentation continue (immunité)

Alimentation par batterie:

Dans les installations avec batterie, l'EE peut être alimenté soit directement par la batterie, soit en parallèle sur la batterie et son dispositif de charge.

En cas d'alimentation par accumulateurs qui sont soumis à des charges rapides, la tension aux bornes de l'équipement peut atteindre 125 % de la tension nominale d'alimentation.

A.6.3.2.4 Harmonic and interharmonic voltages

EE should comply with the requirements of immunity if the waveform of its supply voltage corresponds to the values given in the compatibility level class 3 of IEC 61000-2-4.

A.6.3.2.5 Voltage notches

Voltage notches are deviations of a.c. mains voltage from the instantaneous value of the fundamental (for example during the commutation of a power convertor). Different values for their characteristics are identified in:

- 2.5.4.1 of IEC 60146-1-1 for the steady state values of the commutation notches;
- 3.10 of IEC 60146-1-2 for the choice of the immunity class;
- 3.8.1.1 to 3.8.1.3 of IEC 61136-1 for electrical service conditions.

Figure A.8 shows an example of commutation notches in the mains voltage.

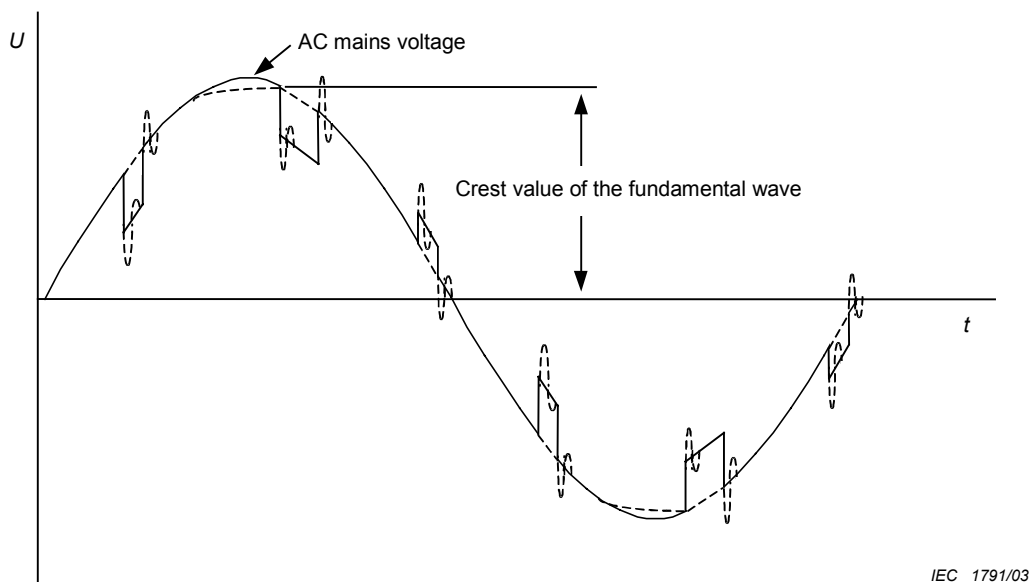


Figure A.8 – Periodical momentary dips of a.c. mains voltage caused by convertors

The illustration shows the occurrence of dips in the line to line voltage when a power convertor is connected in six-pulse bridge connection.

A.6.3.2.6 Voltage unbalance

The immunity from voltage unbalance should correspond to compatibility level class 3 of IEC 61000-2-4.

A.6.3.3 EE connected to d.c. supply mains (immunity)

Battery supplied mains:

In battery networks, the EE is fed from a battery or from a parallel connection of the charging device and the battery.

In case of battery supplies which are subject to boost charge, the equipment terminal voltage may rise to 125 % of the nominal supply voltage.

A.6.3.5 Immunité aux perturbations électromagnétiques

Dans la mesure où elles sont applicables, il convient d'adopter dans la présente norme les exigences de CEM des normes de produit, ou de la norme générique d'immunité CEI 61000-6-2.

Il convient que l'EE satisfasse au moins aux exigences spécifiées dans la partie normative de la norme générique citée ci-dessus. Les EE employés dans des centrales de production et de transport devraient être soumis à des exigences plus sévères.

A.6.3.5.1 Types de perturbations

En plus des perturbations de l'alimentation (voir 6.3.2, 6.3.3, A.6.3.2 et A.6.3.3), il convient de prendre en compte les phénomènes suivants dans l'étude de l'immunité de l'EE aux perturbations électromagnétiques:

- décharges électrostatiques (CEI 61000-4-2);
- transitoires rapides en salves (CEI 61000-4-4);
- surtensions transitoires (tension de choc) (CEI 61000-4-5);
- champs de rayonnements électromagnétiques (CEI 61000-4-3);
- perturbations conduites > 9 kHz (CEI 61000-4-6).

A.6.3.5.2 Isolation des accès d'entrée/sortie de commande de processus et de télécommunications

Il convient que les accès d'entrée/sortie et de télécommunications soient munis d'interfaces adéquates, capables d'assurer une isolation fonctionnelle et électrique entre les circuits, et entre chaque circuit et la terre.

Les interfaces d'entrée/sortie peuvent être installées, soit à l'intérieur de l'EE, soit dans une enceinte spécialisée située à proximité.

Il est recommandé d'utiliser de telles interfaces pour relier l'EE aux processus industriels et à d'autres équipements ou systèmes électroniques éloignés.

NOTE L'incorporation d'interfaces d'isolement galvaniques à l'intérieur de l'EE améliore ses performances dans le domaine de la CEM. Par ailleurs, elle permet d'éviter la propagation des défaillances entre les accès d'entrée /sortie, et fournit également une protection contre les détériorations à plus long terme causées par les perturbations conduites.

Pour les essais voir A.9.4.6.5.

A.6.3.6 Actions de l'EE sur le réseau (niveau d'émission)

Réaction sur le réseau d'alimentation

Il convient de satisfaire aux exigences suivantes:

- a) La somme des émissions de tous les équipements déjà raccordés au réseau d'alimentation, de ceux qui sont prévus d'y être, et sans oublier les perturbations générées par le réseau HT, ne devrait pas dépasser le niveau de compatibilité de la classe 3 pour un environnement industriel tel qu'il est défini dans la CEI 61000-2-4.
- b) Lors de l'installation des convertisseurs de puissance commutés par le réseau, il convient de prendre en considération:
 - la puissance relative minimale de court-circuit qui peut être atteinte (voir l'article 3);
 - la tension relative de court-circuit du transformateur ou des inductances de commutation du convertisseur;
 - et le facteur de simultanéité (voir l'article 3).

A.6.3.5 Immunity from electromagnetic disturbance

As far as applicable, the requirements of EMC product standards or generic EMC immunity standard IEC 61000-6-2 should be adopted in this standard.

The EE should comply at least with the requirements of the normative part of the above generic standard. In applications of EE used in electricity generation and transmission, more severe requirements will apply.

A.6.3.5.1 Types of interference

In addition to the interferences in the supply-mains (see 6.3.2, 6.3.3, A.6.3.2 and A.6.3.3), the following types of interference should be considered when designing for immunity of EE from electrical disturbance:

- electrostatic discharge (IEC 61000-4-2);
- fast transient/burst (IEC 61000-4-4);
- transient overvoltage (surge) (IEC 61000-4-5);
- radiated electromagnetic field (IEC 61000-4-3);
- conducted disturbances > 9 kHz (IEC 61000-4-6).

A.6.3.5.2 Electrical isolation of process I/O and telecommunication ports

Process input/output (I/O) and telecommunication ports of EE should be provided with suitable interfaces, designed to ensure functional and electrical separation between circuits and to each circuit and ground.

The I/O interfaces may be located inside the EE, or in a dedicated unit installed in the near proximity.

The use of such interfaces is recommended for connecting EE to industrial process and to other remote electronic equipment/systems.

NOTE The inclusion of isolation interfaces in the EE helps in the improvement of EMC performance. Furthermore advantages are obtained in preventing propagation of hardware failure of an I/O port to other nearby ports, and also in preventing long term damage due to conducted disturbances.

For testing, see A.9.4.6.5.

A.6.3.6 Effects of EE(s) on the system (emission)

Reaction on the supply mains

The following requirements should be met:

- a) The total effect of all equipment connected to the supply mains including equipment planned to be connected and making allowance for disturbances arising from the HV grid system, should not be permitted to exceed the compatibility level class 3 of industrial electromagnetic environment as defined in IEC 61000-2-4.
- b) The following should be taken into consideration when line-commutated power converters are connected to the mains:
 - the minimum relative short-circuit power (see definitions) which can arise;
 - the relative short-circuit voltage of the converter transformer or commutating reactors;
 - the simultaneity factor (see definitions).

- c) Pour s'assurer de la conformité aux conditions de service spécifiées en A.6.3.2.5, il convient de calculer le rapport minimal de la réactance totale de commutation à la réactance du réseau.

Une puissance de court-circuit relative au moins égale à 100, avec un facteur de simultanéité égal à 1, peut être considérée comme des données habituelles. Il s'ensuit que la tension relative de court-circuit du transformateur ou de la réactance de commutation devrait être d'au moins 4 %, si on veut éviter des encoches de commutation supérieures à 20 %.

NOTE Ces valeurs sont basées sur l'hypothèse que tous les convertisseurs reliés au même réseau commutent simultanément (facteur de simultanéité égal à 1). Si ce n'est pas le cas, à cause du type, et de l'utilisation prévisible des convertisseurs, le facteur de simultanéité sera inférieur à 1 et la tension relative de court-circuit peut être abaissée. Le constructeur et l'utilisateur devraient de toutes façons se concerter pour déterminer les conditions d'utilisation et de raccordement. Il est toutefois possible d'accepter des écarts par rapport aux valeurs normales à condition, soit de prendre des mesures compensatoires, assurant que les exigences de A.6.3.2.5 seront satisfaites (pont dodécaphasé, tension relative de court-circuit plus élevée), soit d'obtenir l'accord du distributeur de l'énergie électrique.

- d) Il convient qu'aucune tension interharmonique générée ne dépasse 0,2 % dans la plage des fréquences de commande, s'il en existe sur ce réseau.

Emission de perturbations aux fréquences radio

Les valeurs limites des émissions des différents accès de l'EE sont données dans les normes de produit et dans les normes génériques listées en 6.3.

Pour les essais voir 9.4.6.1.

A.7 Exigences applicables au matériel électronique

A.7.1.2 Qualité et fiabilité

Lorsque l'appel d'offre ou la spécification d'achat le demande, il convient que les exigences d'assurance qualité et de fiabilité soient garanties par le fonctionnement du Système Qualité du constructeur conformément à une Norme Internationale (série ISO 9000).

De plus, il convient que le fournisseur montre indépendamment comment l'EE respecte les exigences de fiabilité, en faisant essentiellement référence à des données de fiabilité expérimentales à partir des EE déjà installés.

Il convient que le fournisseur démontre que la fiabilité totale de l'EE est conservée en cas d'incorporation de composants ou de sous-ensembles conçus spécialement.

A.7.1.5 Choix et utilisation des composants

A.7.1.5.3 Dimensionnement

Il convient de choisir des composants et des équipements dimensionnés et utilisés de telle manière qu'à la fois la durée de vie et la fiabilité du matériel soient respectées compte tenu des conditions de service prévisibles (par exemple cycle thermique). Sachant que le taux de défaillance des composants est accéléré par l'élévation de la température, on veillera à réduire leur température de fonctionnement par toute mesure adéquate: surdimensionnement, optimisation de leur implantation, etc. Lors de la conception de l'EE, il convient de prendre en considération toute autre technique de construction appropriée (enrobage).

A.7.1.5.4 Tolérance des composants

Il convient lors de la conception des circuits de tenir compte des variations inhérentes aux valeurs et caractéristiques nominales des composants dues aux facteurs suivants:

- c) In order to confirm compliance with the service conditions specified in A.6.3.2.5, the minimum ratio of the total resulting commutating reactance and the reactance of the supply system should be calculated.

A relative short-circuit power of not less than 100 at a simultaneity factor of 1 may be assumed as a usual example. Then transformers or commutating reactors of controlled line-commutated convertors should have a relative short-circuit voltage (inductive component) of at least 4 %, if the depth of the voltage notch should not exceed 20 %.

NOTE These values are based on the assumption that all connected convertors commute simultaneously (simultaneity factor one). If this can be excluded because of the type and intended use of the convertors, then the simultaneity factor is lower than one and the relative short-circuit voltage of the convertor may be reduced. In this case, however, manufacturer and user should clarify in advance whether such conditions exist. Deviations from the normal values of c) are possible when particular measures ensure (for example by convertor connections with higher pulse number, higher relative short-circuit voltages) that the requirements of A.6.3.2.5 are satisfied, or when the owner of the supply mains agrees.

- d) An interharmonic voltage caused should not exceed 0,2 % in the range of a ripple control frequency, if any, applied in this network.

Emission of radio frequency disturbance

The limiting values for different ports of the EE are given in EMC product and generic emission standards as listed in 6.3.

For testing, see 9.4.6.1.

A.7 Requirements for electronic equipment

A.7.1.2 Quality and reliability

Where required by the individual, enquiry or purchasing specification, assurance of quality and reliability should be ensured through the manufacturer's operation of a quality system which conforms with an international standard (ISO 9000 series).

Additionally, the supplier should show separately how the EE meets the requirements relating to reliability, principally by reference to reliability information obtained from installed EE.

For specially designed components or parts, the supplier should show how the EE's specified overall reliability is maintained.

A.7.1.5 Component selection and use

A.7.1.5.3 Rating

Components and materials should be chosen, rated and used so that, taking into account the expected operating conditions (for example thermal cycling), both the equipment life and the reliability requirements can be met. As component failure rates are accelerated by increased temperature, their operating temperatures should be minimized by derating, optimum physical arrangements, etc. Any other factors which may be relevant to a particular constructional technique (for example encapsulation) should be taken into consideration in the design of the EE.

A.7.1.5.4 Tolerance of components

The design of circuits should take into account the variations which can occur between component values and characteristics as a result of the factors listed below:

- tolérance initiale;
- dérive due à la température;
- dérive par vieillissement durant le fonctionnement;
- dérive par vieillissement durant le stockage.

Il convient que la conception finale tienne compte de tous ces effets et considère leur combinaison la plus sévère ainsi que le niveau d'immunité défini par le constructeur. Les estimations statistiques suivant lesquelles certaines combinaisons ne peuvent être simultanées ne doivent être acceptées que si les paramètres appropriés sont toujours indépendants.

Il convient que la conception finale soit telle que les variations soient ou bien sans conséquence (sans effet) ou bien totalement compensées.

A.7.1.5.5 Stockage

Les composants entreposés séparément ou comme des sous-ensembles d'équipements, peuvent être soumis à des conditions d'environnement plus sévères que celles prévues durant leur fonctionnement (voir 6.1.1 et 6.1.2). Malgré cela, ils doivent, une fois sortis du magasin, être totalement opérationnels et conformes à leurs spécifications.

Il convient que le fournisseur attire l'attention du client sur tous les produits qui, en stockage, nécessitent des conditions particulières, des précautions spéciales, ou ont des durées de vie limitées. De plus, il convient que ces produits soient marqués de telle manière que ces indications soient apparentes lorsqu'ils sont dans ou hors de leur emballage.

A.7.1.5.6 Mécanisme de défaillance

Il convient de prendre en compte, lors du choix du composant, son type de défaillance (catalectique et par dérive) ainsi que leurs conséquences prévisibles sur le fonctionnement de l'équipement.

A.7.1.5.7 Dispositifs semi-conducteurs, y compris les circuits intégrés

Il convient que les dispositifs semi-conducteurs et les circuits intégrés respectent les exigences, et soient utilisés conformément aux recommandations des articles appropriés de la CEI 60747 ou de la CEI 60748.

Lors de la conception, de la fabrication et des essais des circuits comprenant des composants actifs, il convient de s'assurer que ces derniers restent constamment protégés contre les dégâts possibles causés par des contraintes thermiques, des transitoires électriques, des décharges électrostatiques, résultant de manipulations, de l'utilisation de sondes d'essai, de fers à souder, etc.

Toute précaution particulière pouvant se révéler nécessaire à la manipulation des sous-ensembles et des composants devrait être incluse dans le manuel d'instructions, et signalée par un moyen adéquat sur l'EE ou sur le sous-ensemble.

Dans la conception du circuit, il convient de tenir compte, par un dimensionnement adéquat, des conditions de service, de la fréquence de fonctionnement et de la présence de sources de chaleur proches.

Il convient de découpler les alimentations lorsque cela est nécessaire, et on veillera au cheminement des liaisons de terre particulièrement pour les circuits comprenant des signaux analogiques à bas niveau ou numériques à grande vitesse.

- initial selection tolerance;
- temperature coefficient allowance;
- allowance for drift (ageing) during operation life;
- allowance for drift (ageing) during storage.

The final design should take account of all these effects, allow for the worst-case combination, and the immunity level stated by the manufacturer. Statistical assumptions that only certain combinations occur simultaneously should not be used unless the relevant parameters involved are invariably independent.

The design achieved should be such that changes which occur are either inconsequential (i.e. of no effect) or they are fully compensated for.

A.7.1.5.5 Storage

Components, whether stored as individual items or as parts of completed equipments may be subject to environments exceeding the operational ones (see 6.1.1 and 6.1.2). However, when removed from storage, they will be expected to be fully functional and comply with their specifications.

The supplier should advise the customer whether any items require special storage conditions, have limited storage life or need precautions to be taken in storage. In addition, the items should be labelled so that these facts are apparent whether the packaging has been removed or not.

A.7.1.5.6 Failure mechanism

In choosing components, the mechanisms by which the components fail (both catastrophic and by degradation) should be established and the consequences upon the equipment performance which will result should be considered.

A.7.1.5.7 Semiconductor devices, including integrated circuits

Semiconductors devices and integrated circuits should meet the requirements of, and be used in accordance with the recommendations contained in the relevant sections of IEC 60747 or IEC 60748.

Care should be taken in the design, manufacture and testing of circuits which include active components to ensure that the components are at all times protected from damage which could arise from causes such as thermal stresses, electrical transients, static discharges caused by handling or the use of test probes, electrical leakage from soldering irons, etc.

Any special precautions which may be necessary in the handling of sub-units and components should be included in the maintenance handbook, and a suitable precautionary warning attached to the EE or sub-unit.

Circuit design should ensure adequate de-rating to take into account duty cycle, frequency of operation and nearby heat sources.

Supply lines should be de-coupled locally where necessary and care taken in the routing of earth signal lines, particularly in low level analogue and high speed digital circuits.

A.7.1.5.8 Dispositifs de signalisation

On préférera généralement, pour les dispositifs de signalisation, les diodes électroluminescentes aux lampes à filaments, à cause de leur plus grande durée de vie et de la robustesse de leur construction.

Les lampes à filaments pourront être utilisées dans des applications où elles conviennent le mieux du fait de leur plus grande luminosité. On préférera dans ce cas une alimentation à basse tension à une tension élevée pour la même puissance.

A.7.1.5.9 Stockage/transport

Il convient que le constructeur/ fournisseur signale à son client tout composant:

- nécessitant des conditions de stockage particulières;
- ayant une durée de vie de stockage limitée;
- nécessitant des précautions de stockage particulières.

Il convient de tenir compte des conditions d'environnement lors du stockage dès la phase de conception, (voir 6.1, Tableau 7), car il est nécessaire que le composant soit totalement opérationnel et conforme à ses spécifications fonctionnelles à la sortie du magasin.

A.7.1.6 Mise sous tension, protection par fusible et utilisation

A.7.1.6.1 Risque d'incendie et protection contre le feu

Lorsque les EE sont physiquement regroupés, dans d'une même armoire par exemple, les détecteurs d'incendie, s'ils sont spécifiés dans l'appel d'offre ou dans la spécification d'achat particulière, devraient aussi être regroupés de façon à faciliter la recherche du dispositif qui a fonctionné, et par suite faciliter sa remise à niveau ou son remplacement. Lorsque les armoires forment une suite séparée par des cloisons internes entre chaque section, il convient que chaque section possède son propre dispositif de détection (lorsqu'un tel dispositif est spécifié dans l'appel d'offres).

A.7.1.6.3 Dispositifs d'alimentation

Il convient de concevoir les dispositifs prévus pour transformer la tension d'alimentation principale (alternative ou continue) en une ou plusieurs tensions appropriées à l'alimentation des sous-ensembles électroniques:

- a) s'ils comprennent une protection par limitation de courant, une surcharge, y compris un court-circuit sur la sortie, n'affecte aucun des composants internes à l'alimentation;
- b) s'ils comprennent une protection par limitation de courant, et s'ils alimentent un certain nombre de charges protégées individuellement, le courant atteint en cas de défaut dans chacune des charges actionne le dispositif de protection;
- c) s'ils comprennent une protection par limitation de tension, que celle-ci soit adaptée aux composants constitutifs de la charge;
- d) que la surintensité normale à la mise sous tension ne puisse:
 - provoquer le fonctionnement d'un quelconque dispositif de protection (fusible, disjoncteur miniature, etc.);
 - excéder la surcharge assignée de la source primaire ou celle de tout autre dispositif ou matériel situé entre la source et la charge;
 - provoquer des chutes de tension transitoires dépassant les valeurs données en A.6.3.2.3.
- e) ils ne génèrent ni vibrations ni bruits acoustiques;

A.7.1.5.8 Indicating devices

Light emitting diodes are generally preferred as indicating devices to filament lamps, because of their longer life and their more robust construction.

Filament lamps may only be used for applications where they are more suitable by virtue of their greater total light output. When used, types of lower voltage are preferred to types of higher voltage of the same power.

A.7.1.5.9 Storage/transportation

The manufacturer/supplier should advise the customer, if any components

- need special storage conditions;
- have limited storage life;
- need any special precautions to be taken during storage.

Consideration should be given to the storage environment during the design phase (see Table 7 of 6.1) because of the need for components to be fully functional and comply with their functional specification after removal from the store.

A.7.1.6 Power supply switching, fusing and usage

A.7.1.6.1 Fire protection and fire risk

Where EEs are grouped physically, for example within a cubicle, fire detection indicators if required by the individual, purchasing or enquiry specification should be grouped so that it may easily be established which device has operated, in order to facilitate resetting or replacement. Where cubicles are arranged in a suite having internal partitions between sections, each section should have its own group of fire detective devices if required by the individual, purchasing or enquiry specification.

A.7.1.6.3 Power supply units

Units designed to transform supply voltages (a.c. or d.c.) into one or more voltages suitable for supplying electronic sub-units should be such that

- a) where current limiting is incorporated, the protection should be such that any overload of the output up to and including short-circuit should not damage any components within the power supply unit.
- b) where current limiting is incorporated and the power supply unit supplies a number of individually protected loads, the available current under fault conditions in any of the loads should be sufficient to operate the protective device.
- c) where voltage limit protection is incorporated, it should be suitable for the components which comprise the output load.
- d) normal inrush current should not
 - cause operation of protective devices (for example fuse, MCB, etc.);
 - exceed the surge rating of the primary source or that of any device or equipment interposed between the source and the load;
 - cause excessive supply transients beyond the values given in A.6.3.2.3.
- e) they do not generate excessive vibration or acoustic noise.

- f) lorsque cela est spécifié dans l'appel d'offres ou dans la spécification d'achat, qu'une perte d'alimentation causée, soit par une défaillance, soit par le fonctionnement d'un dispositif de protection, et qui a pour conséquence un arrêt inacceptable du service, soit signalée par une alarme.

Lorsqu'il est montré que les alimentations de puissance à découpage satisfont à la CEI 60478-1 on peut renoncer à l'essai d'isolement de A.9.4.6.5.

A.7.1.6.4 Dispositifs d'alimentation: utilisation

Lorsqu'un même dispositif alimente plusieurs charges, il convient d'éviter toutes les interférences indésirables entre les circuits dues à la présence d'une impédance commune.

Cela est particulièrement important lorsqu'on ajoute des nouveaux matériels dans des installations existantes.

A.7.1.6.5 Piles et accumulateurs

Les piles ne devraient être employées dans un EE que lorsqu'il est essentiel de conserver l'alimentation d'un circuit, soit parce qu'il faut assurer le fonctionnement pendant une panne d'alimentation, soit pour sauvegarder le contenu d'une mémoire vive, une mémoire RAM par exemple.

Lorsque qu'un fonctionnement continu de l'EE est spécifié, les piles devraient être du type accumulateur, et le système de recharge devrait être incorporé. Il est essentiel que ce système ne provoque pas de surcharge de l'accumulateur.

On peut, pour l'alimentation des mémoires, utiliser des piles, à condition qu'elles soient d'un type adéquat, ayant de préférence une durée de vie de plusieurs années.

Il convient de prévoir un dispositif qui signale que les piles sont presque totalement déchargées ou tout autre système (une étiquette par exemple) pour indiquer le moment où la pile devrait être remplacée.

Dans le cas d'utilisation de piles au lithium, on prendra soin d'utiliser un type de pile qui n'explose pas en cas de court-circuit.

A.7.1.7 Construction

A.7.1.7.2 Refroidissement

Il convient que le mauvais fonctionnement ou la panne d'un système de refroidissement forcé, lorsqu'il est spécifié, ne provoque aucune surchauffe de l'installation. Cela peut être réalisé, soit par le déclenchement d'un signal d'alarme, soit par tout autre moyen tel que:

- la déconnexion de la charge;
- la réduction de la charge.

Il convient de respecter toutes les performances spécifiées jusqu'à l'instant où le dispositif de protection fonctionne.

A.7.1.7.7 Montage des composants (précautions pour éviter d'excessives contraintes mécaniques)

Le montage, la connexion, ou la préparation au montage des composants (pliage ou érasage des queues) ne doivent pas provoquer des contraintes nuisibles qui puissent affecter la durée de vie ou les performances de ceux-ci.

- f) in the event of a power supply failure or the operation of a protection facility/device resulting in unacceptable loss of function of the EE and where required in the individual, purchasing or enquiry specification, an alarm signal should be provided.

Where it is shown that switched mode power supplies comply with IEC 60478-1, the withstand voltage test of A.9.4.6.5 may be waived.

A.7.1.6.4 Power supply unit usage

Where a number of loads operate from one power supply unit, the paths should be such that there is no unwanted interaction between circuits due to common impedance.

This is particularly important where additions are made to existing installations.

A.7.1.6.5 Batteries

Batteries should only be used within EE where it is essential to preserve a supply to the circuitry, either to maintain operation in the event of supply failure, or to maintain the contents of a volatile memory, for example RAM.

Where continuity of EE operation is required, the battery should be of the rechargeable type and charging arrangements should be incorporated. It is important that the circuit employed does not result in overcharging of the battery.

Where the battery is required for the purpose of memory retention, primary cells may be used, provided that they are of a suitable type, preferably having a service life of several years.

Either some means announcing the approaching end of the battery charge should be provided or an indication (for example a label) should be supplied showing when the battery should be replaced.

Where a lithium battery is used, care should be taken to install a type which cannot explode in the event of a short-circuit.

A.7.1.7 Construction

A.7.1.7.2 Cooling

Where forced cooling is required, means should be provided to prevent overheating in the event of mal-function or failure of the cooling system. This can be by raising an alarm signal and by any of the following:

- load disconnection;
- load reduction.

The full requirements of the performance specification should be maintained until the protective device operates.

A.7.1.7.7 Component mounting (avoidance of excessive mechanical stressing)

No stresses which might have a deleterious effect on component life or performance should result from the connections to or the mounting of a component or from bending and shearing operations which prepare the component for mounting.

Il convient que les recommandations du constructeur des composants (connexions, longueurs minimales des queues, espacement, etc.), soient respectées.

A.7.1.8 Liaisons électriques

A.7.1.8.1 Connexions soudées

Il convient de réaliser la soudure des connexions de telle façon que l'on puisse dessouder, sans surchauffer ou endommager la soudure des connexions ou des composants avoisinants, ni les isolants. Il convient d'éviter dans la mesure du possible la soudure de conducteurs ou de queues de composants directement sur des pattes de circuits imprimés ou d'autres composants.

Il convient que les constructeurs des matériels s'assurent de la compatibilité entre la soudure utilisée et l'état de la surface sur laquelle les connexions soudées sont faites.

A.7.1.8.2 Soudure des composants

Il convient de ne réaliser les connexions soudées qu'avec des composants spécialement conçus pour cet usage. L'opération de soudage ne devrait soumettre ni les composants, ni aucun des isolants, à des températures ou à des chocs thermiques (c'est-à-dire des changements rapides de température) supérieurs à leurs spécifications.

A.7.1.8.3 Connexions enroulées sans soudure

A moins qu'il n'en ait été convenu autrement, il convient de réaliser les connexions enroulées sans soudure conformément à la CEI 60352-1 ou selon une méthode équivalente.

La réutilisation d'un fil précédemment enroulé n'est pas recommandée.

A.7.1.8.4 Connexions par vis

Lorsque les connexions électriques sur un châssis, un jeu de barres ou une partie de structure sont réalisées à l'aide de vis (autres que des vis auto-taraudeuses), de boulons et écrous, il convient de monter ces connexions avec des rondelles de blocage.

Il ne convient pas de réaliser les raccordements au conducteur de protection qui sont serrés sur la structure métallique de l'EE à l'aide de vis autobloquantes puisqu'ils sont susceptibles d'être démontés lors des opérations d'entretien.

A.7.1.8.5 Parties actives et leurs raccordements

Il convient que les parties actives aient une résistance mécanique et des caractéristiques de courant admissible adaptées à l'utilisation pour lesquelles elles sont prévues.

En ce qui concerne les connexions électriques, à l'exception de la céramique ou de tout autre matériau ayant des caractéristiques au moins équivalentes, il ne convient pas que la pression de contact soit transmise par le matériau isolant, sauf si les parties métalliques ont une résilience suffisante pour compenser tout retrait et tout écrouissement possibles du matériau isolant.

A.7.1.8.6 Connexions serties

Il convient de réaliser les connexions serties conformément à la CEI 60352-2 ou selon toute autre méthode équivalente. Il convient de s'assurer de la longueur et de la position correcte des brins conducteurs. Il convient de prendre soin de minimiser la corrosion due à l'introduction possible de pollution atmosphérique.

Component manufacturers' recommendations concerning connection, minimum lead length, spacing, etc., should be satisfied.

A.7.1.8 Electrical connections

A.7.1.8.1 Soldered connections

The soldered connection should be made in such a way that disconnection is possible without causing overheating of or disturbance to, either adjacent soldered connections or components or insulating materials. Soldering conductors or the leads of components to the legs of integrated circuits or to the leads of other components should be avoided as much as possible.

Equipment manufacturers should ensure that there is compatibility between the solder and the finishes on surfaces to which soldered connections are made.

A.7.1.8.2 Component soldering

Soldered connections should be made only to components specifically designed for that purpose. The soldering operation should not subject the components or any insulation to temperatures, or temperature shocks (i.e. rapid changes of temperature) beyond the component's specification.

A.7.1.8.3 Solderless wrapped connections

Unless otherwise approved, solderless wrapped connections should be made in accordance with IEC 60352-1 or in an equivalent method.

Re-use of wrapping wire is not good engineering practice.

A.7.1.8.4 Screwtype connections

Where electrical connections are made by means of screws (other than self-tapping screws), bolts or nuts to a chassis, a busbar or a structural member, connections should be made via lock washers.

Protective conductor connections which are clamped to metalwork should not be made via fixing screws which may have to be removed during servicing.

A.7.1.8.5 Current carrying parts and their connections

Current-carrying parts should have the necessary mechanical strength and current-carrying capacity for their intended use.

For electrical connections, no contact pressure should be transmitted through insulating material other than ceramic or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulation material.

A.7.1.8.6 Crimped connections

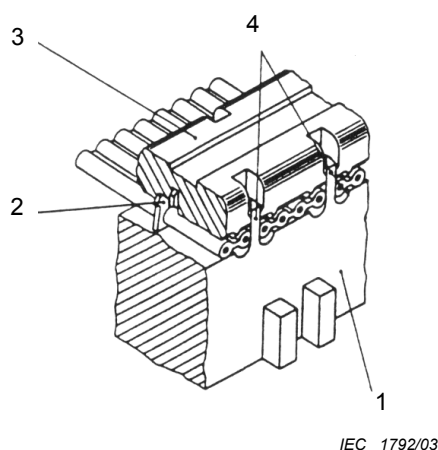
Crimped connectors should be made in accordance with IEC 60352-2 or by an equivalent method. The correct length and position of the strands should be ensured. Care should be taken to minimize the build-up of corrosion products caused by the possible ingress of atmospheric pollution.

A.7.1.8.7 Connexions par coupure de l'isolant

Il ne convient d'utiliser les connexions autodénudantes également appelées connexions par câble ruban ou câble plat (ou limande voir la Figure A.9) que dans des applications garantissant leur fiabilité à long terme.

NOTE En cas d'utilisation à des températures élevées, le relâchement de la pression sur les brins conducteurs en cuivre peut diminuer la durée de vie du contact. Il convient, dans ce cas, d'utiliser d'autres types de connexions, insensibles à ce type de défaut.

Il convient d'utiliser des types de connecteurs qui serrent l'isolant ou qui sont pourvus d'un serre-câbles. Lorsque c'est possible, il convient d'incorporer des picots d'extraction.



Légende

- 1 Corps du connecteur
- 2 Contact à connexions autodénudantes
- 3 Plaque d'appui
- 4 Guides

Figure A.9 – Liaison par connexion autodénudante utilisant un câble plat

A.7.1.8.8 Borniers

Il convient de maintenir les brins conducteurs fins ou très fins fixés dans des étriers ou des bornes à vis, de telle sorte qu'aucun brin ne puisse se libérer de sa borne (utilisation de cosse ou de manchons d'extrémité, conception appropriée des étriers de serrage des bornes). La soudure des brins afin de faciliter leur maintien dans la borne est déconseillée.

Lorsqu'il est proposé de monter des composants ou des ensembles électroniques à l'intérieur d'un bornier, les exigences de la présente norme prévalent.

A.7.1.9 Connecteurs multiples et dispositifs par fiches

Il convient de munir les connecteurs débrochables de dispositifs de verrouillage lorsqu'ils sont branchés, sauf si la pression de contact des broches est suffisamment importante pour que tout débranchement non intentionnel soit impossible en fonctionnement normal. Il convient de munir les connecteurs mobiles de dispositifs de serrage du câble afin d'éviter tout effort mécanique sur les conducteurs actifs. Il convient que la conception de ces serre-câbles soit telle, que la pression exercée ne puissent altérer l'isolant.

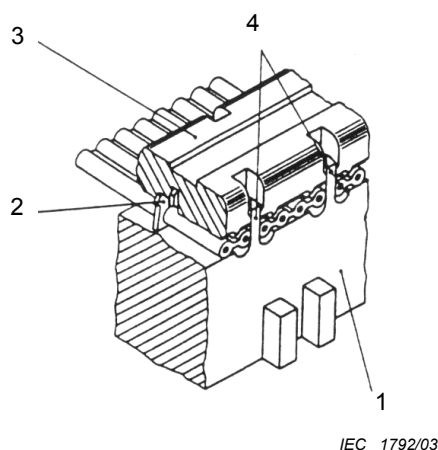
Il convient de tenir compte des conditions atmosphériques environnantes dans le choix du traitement de surface des contacts, en particulier lorsque ces contacts sont utilisés dans des circuits à très basse tension et lorsqu'ils véhiculent de très faibles courants (voir 6.1.3, A.6.1.3 et A.6.1.4).

A.7.1.8.7 Insulation displacement connections

Insulation displacement connections (IDC), also called ribbon cable connections, flat cable connections (see Figure A.9), should only be used in those applications where their long term reliability can be ensured.

NOTE In high temperature situations, stress relaxation of the copper conductors may reduce the life of the connection and other forms of connection not subject to the same failure mechanism should be used.

The type of connector should be one which grips the insulation or employs a strain relief clamp. Where possible, ejector latches should be incorporated.



Key

- 1 Connector body
- 2 IDC contact
- 3 Press-plate
- 4 Press-pins

Figure A.9 – Insulation displacement connection with flat cable

A.7.1.8.8 Terminal blocks

Fine and very fine-strand conductors in clamp or screw terminals should be secured so that individual strands cannot unfasten (for example by means of cable lugs, end sleeves or by appropriate design of the terminal clips). Soldering as a way of preventing individual strands from unfastening is not good engineering practice.

Where it is proposed to incorporate electronic components or assemblies inside a terminal block, the requirements of this standard should prevail.

A.7.1.9 Multiple connectors and plug-and-socket devices

Connectors should be provided with means whereby each free plug or socket can be locked in the mated position, except where the contact-force is so high that unintentional loosening is impossible during normal operation. Movable connectors should also incorporate means for clamping the incoming cable so that the conductors are relieved of any stress. The design of clamps should be such that the cable is not compressed sufficiently to cause creep in the insulation.

In considering the suitability of contact finishes, the normal atmospheric environment should be taken into consideration, especially with materials used in circuits with very low voltage and current, see 6.1.3, A.6.1.3 and A.6.1.4.

A.7.1.9.1 Raccordement des cartes de circuits-imprimés

Il convient d'équiper toutes les cartes de circuits imprimés enfichables, qui ne peuvent être extraites facilement à la main, de dispositifs d'extraction afin de faciliter leur retrait de l'unité dont elles font partie ou de leur enveloppe. Ce dispositif doit, de préférence, faire partie de la carte. Dans le cas contraire, ce peut être un outil d'extraction extérieur qui vient s'insérer dans la carte. Lorsque c'est spécifié, les cartes de circuits-imprimés enfichables, devraient être équipées de connecteurs conformément à 7.1.9.

NOTE Il convient que toutes les cartes de circuits-imprimés portant des informations d'entrée-sortie ou de communications avec le processus puissent être remplacées sans arrêter le système.

A.7.1.10 Câblage

A.7.1.10.2 Câblage conventionnel de l'EE

D'une façon générale, il convient d'appliquer les règles suivantes:

Le câblage devrait être correctement maintenu et fixé. Les déformations qui peuvent en résulter ne devraient pas altérer les propriétés de l'isolant qui doit conserver ses performances spécifiées.

NOTE 1 Si la température ambiante peut descendre à -25°C , il convient d'utiliser, de préférence, un isolant PTFE. Dans le cas du fil pour connexions enroulées, ou lorsque la solidité est importante, un isolant en polyvinyle fluoré (Kynar) peut être utilisé.

NOTE 2 La séparation des circuits, afin de réduire le risque de perturbations électromagnétiques, peut être nécessaire en plus du blindage.

Il convient de protéger les connexions internes des EE, des ensembles ou des sous-ensembles, contre les détériorations qu'elles pourraient subir, ou que pourraient subir les sous-ensembles associés ou les composants, de la manière suivante:

- a) Un dispositif de protection contre les surintensités dues aux défaillances de l'isolation devrait limiter la propagation des détériorations aux connexions et aux composants associés.
- b) Afin de réduire le temps d'indisponibilité de l'EE, ce dispositif doit protéger, en priorité, les connexions qui demanderont le plus de temps pour être remplacées.
- c) Les liaisons les plus susceptibles de supporter des surcharges devraient être disposées de telle façon qu'en cas d'incident, les détériorations ne puissent s'étendre aux autres conducteurs.
- d) Les liaisons les plus susceptibles de supporter des surcharges devraient être disposées de telle façon, qu'en cas de détérioration de leur isolant, elles restent isolées électriquement des autres circuits.
- e) Une ou plusieurs des précautions suivantes devraient être prises en plus des règles décrites en 7.1.6.2 et 7.1.7.4:
 - utilisation de dispositifs de protection contre les surintensités;
 - utilisation d'alimentations dotées de caractéristiques de limitation de courant (ou de tension) ou de dispositifs de coupure en cas de surcharge;
 - affectation appropriée de sous-ensembles, à des alimentations individuelles dotées d'un câblage séparé;
 - mise en place de points de rupture sur les cartes de circuits-imprimés;
 - éviter de placer dans des goulottes ou dans des tubes, les longs câbles qui sont soumis à des surcharges.

Il convient de respecter les précisions supplémentaires, relative aux connecteurs, fournies en 5.2.8.5.

A.7.1.9.1 Printed circuit board connection

All plug-in printed wiring boards which cannot easily be extracted by hand should be provided with means of extraction from its parent unit or housing, preferably as part of the board, or else by an extraction tool which can be inserted into the board. Depending on the requirements the plug-in printed wiring boards should be provided with connectors according to 7.1.9.

NOTE All printed circuit boards for process input, output and communications should be replaceable without switching off the system.

A.7.1.10 Electrical conductors

A.7.1.10.2 Conventional wiring within EE

In general, the following requirements should apply:

Wiring and cabling should be adequately supported and clamped. The resulting deformation should not cause the insulation properties to be outside its specified performance limits.

NOTE 1 Where the ambient temperature may drop to -25 °C, preference should be given to the use of PTFE insulation. Where wire wrapping is used or where toughness is important, polyvinylidene fluoride insulation may be used.

NOTE 2 In addition to screening, segregation may be required to minimize the risk of electromagnetic interference.

Internal connections to assemblies or sub-assemblies within the EE should be protected against damage to themselves and to associated sub-assemblies or components as follows:

- a) Protection should limit the extent of damage to the connections and associated components caused by overcurrents resulting from insulation failure.
- b) The safety system required for this purpose should give the maximum protective priority to those connections which would take the longest time to replace in order to minimize the time the EE is out of service.
- c) Connections liable to overload should be placed so that in the event of failure, extensive damage to other connections cannot be caused.
- d) Connections liable to overload should be placed so that if their insulation is damaged, no voltage can be transmitted to other circuits.
- e) One or more of the following precautions should be taken in addition to the requirements as given in 7.1.6.2 and 7.1.7.4:
 - use of overcurrent protective devices;
 - use of power supply units with power limiting current/voltage characteristics or with overload disconnection;
 - appropriate allocation of sub-assemblies to individual power supply units with separate supply leads;
 - provision of rupture points on printed circuit boards;
 - avoidance of long cables which are liable to overload in cable harnesses or ducts.

A.7.1.10.3 Matériaux et revêtements

Il convient d'adapter les matériaux et revêtements de surface aux conditions d'utilisation et de tenir compte des facteurs d'environnement, d'usure, et de vieillissement. Ils devraient être soit ininflammables, soit auto-extinguibles.

A.7.1.12 Equipement programmable

Des équipements ayant des logiciels différents sont considérés comme des appareils distincts bien qu'ils puissent correspondre à des matériels identiques.

Il convient que l'équipement programmable soit extensible, reprogrammable et testable sans nécessiter un arrêt important du processus principal ou de l'équipement avoisinant.

Il convient que l'équipement électronique dépendant de toutes sortes de logiciels possède des «chiens de garde» qui donnent des messages clairs en cas d'erreur du système.

A.7.1.12.1 Logiciels et microprogrammes

A moins que d'autres dispositions n'aient été convenues, il convient que les équipements programmables (dont les fonctions ou les performances sont définies ou modifiées par des instructions mémorisées) aient ces instructions contenues et exécutées, uniquement à partir d'une mémoire morte non volatile. L'utilisation de mémoires effaçables par exposition aux ultraviolets ou qui sont altérables électriquement n'est acceptable qu'à la seule condition qu'elle soit employée de telle façon, que les informations qu'elles contiennent ne puissent être ni perdues, ni altérées accidentellement.

Lorsque l'équipement est personnalisé pour un client, il convient que les mémoires mortes soient enfichables afin de faciliter leur remplacement.

Toute opération de reprogrammation ou de programmation supplémentaire que l'utilisateur aurait besoin de faire devrait être aisément réalisable en utilisant un langage convivial, offrant, de préférence, une correspondance claire entre les instructions et les fonctions correspondantes du système. Cette règle peut nécessiter la structuration du programme en modules, chacun d'entre eux étant associé à une activité particulière ou à des caractéristiques particulières de l'équipement ou du système.

Lorsqu'un équipement incorpore un microprogramme c'est-à-dire un programme stocké dans une mémoire morte, reprogrammable ou non, le numéro d'édition du microprogramme devrait être clairement marqué sur le composant et signalé dans le manuel d'instructions. Les micro-instructions devraient être gravées dans un bloc enfichable afin de faciliter leur mise à jour.

Lorsque qu'un programme est stocké sur une disquette ou sur une bande, en principe deux copies devraient être exigées, l'une marquée «maître» et l'autre «source». La copie de sauvegarde (source) devrait être conservée dans un lieu sûr à l'épreuve du feu. Le nom du programme et le numéro d'édition du logiciel devraient être clairement marqués sur toutes les copies. Toutes les instructions relatives aux conditions de stockage devraient être indiquées non seulement dans le manuel d'instructions, mais aussi sur la disquette ou sur la bande.

Il convient de définir entre le fabricant et le client:

- si des protections anti-piratage doivent être insérées, ou non, dans l'appareil de lecture du logiciel;
- comment sont appliqués les droits d'auteur légaux.

Additionally, details of 5.2.8.5 concerning connectors should be observed.

A.7.1.10.3 Materials and finishes

Materials and finishes should be suitable for conditions of use, taking into account environmental, wear and ageing factors. They should be either non-ignitable or self-extinguishing.

A.7.1.12 Programmable equipment

Equipments with different software are regarded to be different although they may have the same hardware.

Programmable equipment should be extendable, reprogrammable and testable without vast shutdown of the primary process or neighbouring equipment.

Electronic equipment depending on any type of computer programs should have "watchdogs" giving clear messages for system errors.

A.7.1.12.1 Software and firmware

Programmable equipment (where the function or performance is determined or modified by stored instructions) should, unless otherwise agreed, have these instructions held in, and executed directly from, a non-volatile read only memory. Memories which can be erased by exposure to ultra-violet light or which are electrically alterable are acceptable, provided that they are employed in such a manner that the information is not subject to accidental loss or corruption.

Where the equipment is specially designed for the customer, any read only memories should be plug-in, so as to facilitate replacement.

Any reprogramming or additional programming which the user may have to do should be easily achieved by the use of a user-friendly language preferably having a correlation between instructions and system operations. This may necessitate structuring the program into modules, each associated with a particular activity or characteristic of the equipment or system.

Where an equipment incorporates firmware, i.e. a program stored in a read only memory, whether reprogrammable or not, the issue number of the firmware should be clearly marked on the component, as well as being documented in the instruction manual. The firmware should be in a plug-in package so as to facilitate updating.

Where a program is stored on disk or tape, normally two copies will be required, one marked "master copy" and the other "back-up copy". The backup should be kept in a fireproof safe. All copies should be clearly marked with the name of the program and the software issue number. Any instructions relating to conditions of storage should be included not only in the instruction manual, but also with the disk or tape.

It should be agreed between the producer and the customer whether or not there should be

- any anti-copying protection built into the software output medium;
- how any legal copyright should be applied.

A moins qu'il n'en ait été convenu autrement, tous les logiciels écrits pour satisfaire aux exigences contractuelles devraient devenir la propriété du client.

Il convient que la documentation relative au logiciel soit conforme aux règles décrites en A.7.2.3.5, ou à toute autre spécification.

A.7.1.12.2 Service du logiciel et du microprogramme

Quelques-uns des équipements les plus complexes, pilotés par ordinateur, peuvent utiliser des logiciels qui n'ont pas été éprouvés par plusieurs années d'utilisation. En cas de dysfonctionnements se produisant sur un programme, l'aide du constructeur de l'équipement ou de l'organisme de programmation (s'il est différent) peut être nécessaire.

Afin que le client puisse s'assurer que le niveau de service offert pour le logiciel est adéquat, il convient que le soumissionnaire précise l'importance et la durée de ce service. Il serait souhaitable qu'il donne aussi des détails sur les procédures adoptées pour résoudre les problèmes des clients, et qu'il expose sa pratique, pour informer les utilisateurs des difficultés qui peuvent se produire, et des solutions proposées.

Il convient également que les soumissionnaires/fournisseurs donnent des détails sur les méthodes qu'ils adoptent pour la mise à jour des logiciels et des microprogrammes, ainsi que des coûts que cela entraîne.

A.7.2 Marquage, identification, documentation

Il convient d'établir les documents conformément à la CEI 61082-1.

A.7.2.2 Identification des composants

S'il est prévu que le client puisse dépanner l'EE, il convient que les chiffres et les lettres de référence soient marqués à proximité de chaque composant. Sinon, on peut fournir un plan détaillé d'implantation des composants.

Dans tous les cas, il convient d'appliquer les dispositions suivantes:

- a) L'identification de chaque organe de commande ou de signalisation, et de chaque fusible devrait être marquée à proximité de la pièce concernée. L'identification d'un fusible devrait comporter ses caractéristiques assignées.
- b) La fonction de chaque commande et de chaque dispositif de signalisation situé sur la face avant devrait être indiquée.
- c) Une identification appropriée devrait être apposée sur, ou à proximité, de chaque connecteur amovible.
- d) Chaque point d'essai, nécessaire à l'utilisateur, devrait être identifié individuellement par une référence au schéma des circuits.
- e) Les signes de polarité de tout dispositif polarisé (par exemple, diodes et batteries), devraient être marqués au voisinage du matériel concerné. Ceci n'est pas exigé pour les dispositifs de puissance.
- f) Lorsque des cavaliers, des circuits accordés, des interrupteurs, des mémoires mortes ou d'autres dispositifs programmables ont pour but de personnaliser un type d'unité ou de sous-ensemble générique ou commun, des indications claires et sans ambiguïté, définissant le rôle de chaque dispositif personnalisé, devraient être fixées ou imprimées sur la carte. Lorsque ceci n'est pas possible, des symboles particuliers devraient permettre de se reporter au schéma des circuits.
- g) La référence au schéma et si possible la fonction devraient être marquées à proximité de chaque commande de réglage, de telle manière qu'elles soient clairement visibles pendant le réglage.

All software written to satisfy contractual requirements should, unless otherwise agreed, be the property of the customer.

Software documentation should conform to A.7.2.3.5, or as otherwise specified.

A.7.1.12.2 Software/firmware support

Some of the more complex computer type equipments may utilise software which has not been proved over a number of years. In the event of any troubles arising with a program, support from the equipment manufacturer and the programming organisation (if different), may be required.

So that the customer can ensure that the level of software support is adequate, tenderers should include information regarding the extent to which they are prepared to offer software support and the time for which it will be available. Also included should be details of the procedures adopted for dealing with customer problems, together with a statement of their normal practice in advising software users of any troubles which can occur, and the proposed solutions.

Tenderers/suppliers should also provide details regarding the methods adopted for updating of software and firmware, and the costs involved.

A.7.2 Marking, identification, documentation

The documents should be prepared in accordance with IEC 61082-1.

A.7.2.2 Component identification

When it is intended that EE should be repairable by the customer, component reference letters and numbers should be marked adjacent to each component. Alternatively, a detailed component layout drawing may be supplied.

The following should apply in all instances:

- a) The identification of each control or indicating device and fuse should be marked adjacent to the item. A fuse should be marked with its rating.
- b) The function of each control and indicating device on the surface of the EE should be marked.
- c) Identification, as appropriate, should be marked on or adjacent to each movable connector.
- d) Test points, necessary for the user, should be individually marked with the circuit diagram reference.
- e) The polarity of any polarized devices (for example diodes and batteries), should be marked adjacent to the device. This is not required for power devices.
- f) Where links, tuned circuits, switches, ROMs and other programmable devices are provided for the purpose of individualizing a generic or common type of unit or sub-unit, clear and unambiguous legends should be affixed to, or printed on the board, to indicate the purpose of each individualizing device. Where this is not practicable, single symbol markings should refer to the circuit diagram.
- g) The diagram reference and if possible the function should be marked adjacent to each pre-set control in a position where it is clearly visible while the adjustment is being made.

A.7.2.3.5 Documentation du logiciel, du microprogramme et de la logique programmable

Dans le cas d'équipement programmable, la documentation à fournir ne doit pas seulement dépendre de la complexité de l'équipement et de sa fonction, mais doit aussi tenir compte de l'importance des modifications possibles de ses fonctions ou de ses performances.

- a) Pour les équipements programmables relativement simples, pour lesquels il peut être possible à un opérateur de faire des changements élémentaires tels que la modification des valeurs du point de consigne, du niveau de déclenchement, etc., à partir de la face avant de l'équipement, il convient que la documentation décrive la fonction de toutes ces commandes. Lorsqu'un tel équipement permet la modification de sa fonction de transfert, il convient que des explications soient incluses dans le manuel d'instructions, afin de rendre cette tâche aussi aisée que possible. Des instructions devraient aussi être données pour faciliter l'utilisation de tous les dispositifs de programmation nécessaires à la modification des paramètres mémorisés, ou à la programmation et à l'initialisation de l'équipement.
- b) Pour des équipements plus complexes (type ordinateurs), il convient que la documentation du logiciel fournie soit suffisamment détaillée pour que le fournisseur ou son agent puisse effectuer les adaptations fonctionnelles et les changements de paramètres et de plages de fonctionnement. L'importance de la documentation ne dépendra pas seulement de la complexité de l'équipement et de son logiciel, mais aussi de toute autre exigence spécifiée. (Voir aussi A.7.1.12.1). Des explications suffisantes devraient être incluses dans le manuel d'instructions afin de rendre les adaptations fonctionnelles et l'entrée des paramètres aussi aisées que possible. Une description du fonctionnement du programme devrait être incluse. Des détails devraient être donnés sur la manière de changer les paramètres, tels que les valeurs limites, les bandes mortes, les vitesses d'interrogation, etc.

A.7.2.4 Plans et schémas

A.7.2.4.1 Plans

Lorsqu'un système comporte un grand nombre de plans, il convient de s'assurer avec soin que les facteurs communs soient:

- reliés entre eux par un système plans/indices conçu pour une compréhension aisée;
- clairement identifiés par des légendes sans ambiguïté et cohérentes.

Il convient d'indiquer les dimensions, les poids, etc., en unités métriques.

A.7.2.4.2 Schémas

Si cela est réalisable, il convient de dessiner tous les schémas en présentant la séquence principale des événements de la gauche vers la droite (et si cela est nécessaire, du haut vers le bas) et de les annoter convenablement.

Le schéma de chaque unité devrait être facilement rattaché aux autres schémas. Il devrait inclure des informations pertinentes comme les valeurs de la tension d'alimentation, des détails relatifs aux interconnexions, etc. Les composants extérieurs à une unité ou à un sous-ensemble, mais essentiels à son fonctionnement, devraient être dessinés sur le schéma entourés de pointillés et être identifiés d'une façon appropriée.

Il convient d'envisager d'inclure dans la documentation, chaque fois que cela est nécessaire à la compréhension du fonctionnement de l'EE, les schémas parmi ceux listés ci-dessous:

- schémas des circuits;
- plans de câblage interne des armoires;
- plans de câblage des interconnexions.

Il convient que les symboles graphiques soient conformes à la CEI 60617.

A.7.2.3.5 Documentation for software, firmware and programmable logic

For programmable equipment, the documentation to be supplied will depend not only on the complexity of the equipment and its function, but also on the extent to which it may be necessary to modify its function or performance.

- a) For relatively simple programmable equipment, where it may be possible for an operator to make relatively simple changes such as the alteration of set point values, trip levels, etc., from the front panel of the equipment, the documentation should describe the function of all such facilities.

Where such equipment provides the facility for reconfiguring its transfer function, explanatory material should be included in the instruction manual to make this task as easy as possible. Instructions should also be included regarding the usage of any programming units which are necessary to effect changes to stored parameters or which are used in programming or initializing the equipment.

- b) For more complex computer type equipment, the software documentation supplied should be sufficiently detailed for the supplier or his agent to carry out functional adaptations and changing parameters and ranges. The extent of the documentation will depend not only on the complexity of the equipment and its software, but also on any specific requirement. (See also A.7.1.12.1).

Sufficient explanatory material should be included in the instruction manual to make functional adaptations and input of parameters as easy as possible. A description should be included of how the program works, and details should be given of how changes of parameters can be carried out for such items as limit values, dead bands, scanning rates, etc.

A.7.2.4 Drawings and diagrams

A.7.2.4.1 Drawings

Where a system extends over a number of drawings, care should be taken to ensure that the common factors are

- related by a drawing/indexing system which is designed for ease of understanding;
- clearly identified by unambiguous and compatible legends.

Dimensions, mass, etc., should be in metric units.

A.7.2.4.2 Diagrams

Where practicable, all diagrams should be drawn so that the main sequence of events is from left to right (and, where necessary for arrangement purposes, from top to bottom), and should be suitably annotated.

The diagram for any one unit should be readily related to other diagrams and should include relevant information such as supply voltage values, interconnection details, etc. Components external to a unit or sub-unit, but essential to its operation, should be shown on the diagram enclosed in dotted lines and be appropriately identified.

Diagrams from the following list should be considered for inclusion in the documentation as far as they are necessary for operation of the EE:

- circuit diagrams;
- cubicle wiring diagrams;
- interconnection diagrams.

Graphical symbols should comply with IEC 60617.

A.7.3 Réglage, étalonnage et maintenance

A.7.3.1 Objectifs

Il convient que la conception de l'EE limite au minimum à la fois la durée des opérations de maintenance de routine nécessaires et leur fréquence.

Afin d'obtenir la disponibilité maximale de l'EE, sa conception devrait être telle que la localisation d'une panne et sa réparation puissent être effectuées dans les délais les plus brefs, de préférence sur le site. Le dépannage devrait se faire, de préférence, par échange de sous-ensembles, le module défaillant étant soit réparé dans l'atelier de maintenance, soit renvoyé au constructeur.

A.7.3.2 Composants réglables et commandes de réglage

Il convient que la conception des circuits et le choix des composants soient tels que le réglage initial des composants réglables permette une utilisation optimale de leur plage de fonctionnement pendant toute la durée de vie de l'EE. Ces composants devraient posséder une résolution et une stabilité adéquate.

Les commandes de réglage et les composants réglables qui peuvent nécessiter des retouches périodiques devraient être disposés de telle façon qu'ils soient accessibles lorsque le matériel est en position normale de fonctionnement, avec l'EE et les équipements voisins pleinement opérationnels. Afin d'assurer la sécurité des personnes, de tels réglages ne devraient pas nécessiter l'utilisation d'outils isolés électriquement.

Si cela est nécessaire, des moyens devraient être fournis afin d'éviter que les réglages ne puissent être modifiés par inadvertance.

A.7.3.3 Démontage et remplacement de sous-ensembles

Il convient que la conception globale du système ainsi que celle des sous-ensembles, comme par exemple les cartes de circuits imprimés, soient telles qu'il ne soit pas nécessaire de couper les alimentations lorsque l'on démonte ou l'on remplace des sous-ensembles d'un ensemble. Cependant, si cela est impossible et si cette coupure est indispensable, alors une indication adaptée, claire et sans ambiguïté, devrait être apposée de façon très visible sur, ou à proximité des sous-ensembles concernés.

Des dispositifs devraient être prévus pour éviter la mise en place et le raccordement incorrect d'un sous-ensemble.

A.7.3.4 Points d'essai et autres aides à la maintenance

Afin de faciliter la mise en route, la recherche de défauts et la maintenance, il convient de doter l'EE d'un nombre suffisant de points d'essai, aisément accessibles. Leur disposition devrait être telle que les composants sensibles (des MOS par exemple) ne puissent subir aucun dommage du fait de décharges électrostatiques dues soit à l'équipement d'essai, soit à la manipulation.

Si cela est nécessaire, des aides à la maintenance telles que cartes d'extensions de circuits imprimés, cavaliers, outils spéciaux, etc. devraient être fournies. La quantité de lots de maintenance fournie et leurs moyens de rangement devraient être précisés dans le marché, ou dans les documents du contrat.

Le fonctionnement des dispositifs d'essai incorporé dans l'EE devrait être conçu pour éviter l'émission de signaux de sorties indésirables ou de fausses alarmes. Les points d'essai connectés aux composants susceptibles d'être endommagés par des décharges électrostatiques (MOS par exemple) devraient être conçus avec une protection adéquate.

A.7.3 Setting-up, calibration and maintenance

A.7.3.1 Objectives

EE should be designed so that the routine maintenance required is reduced to a minimum, both in accumulated time and frequency.

To maximize the availability of the EE, the design should be such that fault location and rectification can be carried out as quickly as possible, preferably with the unit in situ. Fault rectification should preferably be achieved by sub-unit replacement, the faulty module being repaired in the instrument maintenance section or sent back to the manufacturer.

A.7.3.2 Pre-set controls and adjustable components

The circuit design and components chosen should be such that the initial setting of pre-set components maximizes the use of their operating range throughout the life of the EE. The components should have adequate resolution and stability.

Pre-set controls and adjustable components which may require periodic adjustment should be mounted in such a manner that access to them can be obtained while the unit is in its normal operating position with the EE and also adjacent equipments fully operational. Such adjustments should not require the use of insulated tools for personnel safety.

Where necessary, means should be provided for preventing pre-set controls from being inadvertently altered.

A.7.3.3 Removal and replacement of sub-units

The overall system design and the design of the sub-units for example printed circuit boards should be such that it is unnecessary to switch off power supplies while removing or replacing sub-units from an assembly. However, if this is not possible and the power needs to be switched off, then an appropriate, clear and unambiguous legend should be prominently displayed on or near the sub-units concerned.

Facilities should be provided to prevent the incorrect insertion and connection of a sub-unit.

A.7.3.4 Test points and other maintenance aids

To facilitate setting-up, fault location and maintenance, EE should be provided with a sufficient number of easily accessible test points. The way in which these test points are incorporated, should be such that no damage to susceptible components (for example MOS), results due to static discharges either from test equipment or from human contact.

Where required, maintenance aids such as extension printed wire boards, jumper leads and special tools, etc., should be provided. The number of sets offered and the stowage arrangements intended should be detailed in the tender or contract documents.

Where test facilities are built into an EE, the operation of the facility should be designed to prevent the generation of unwanted outputs and spurious alarms. Test points connected to components which might be damaged by static discharges (for example MOS devices) should be designed to provide suitable protection.

A.7.3.5 Outils spéciaux

Il convient d'obtenir un accord préalable du client pour l'utilisation d'outils spéciaux.

A.7.3.6 Alimentations des équipements d'essais

Lorsque des équipements sont nécessaires aux essais et aux révisions sur le site d'un EE, le fournisseur doit indiquer au client les sources d'alimentation nécessaires afin que ce dernier puisse faire en sorte qu'elles soient disponibles sur le site.

A.7.3.7 Matériels séparés

Il convient que les matériels séparés, tels que les moitiés libres de connecteurs, soient fournis avec l'EE, ou soient expédiés (avec une identification convenable) sur le site, ou au fournisseur désigné par le client.

A.8 Exigences pour l'assemblage des EE

A.8.3.3.1 Conducteurs d'alimentation de puissance

Leur protection est assurée, même sans dispositif particulier de protection contre les surcharges, à condition que:

- les conducteurs soient conçus pour supporter le courant maximal permanent de défaut spécifié par le constructeur de l'EE (voir 7.1.6.2);
- ou dans le cas où ce courant de défaut n'est pas spécifié par le constructeur, il convient que les conducteurs soient conçus pour supporter le courant assigné de l'EE, en tenant compte de son type de service et de son cycle de fonctionnement.

NOTE Dans ce cas, il est supposé, conformément à 7.1.6.2, que l'EE ne supportera qu'un courant permanent inférieur à son courant assigné et, qu'en cas de surintensité il sera déconnecté à temps. Ceci s'applique aussi bien à un défaut dans l'EE que dans l'installation.

A.9 Essais

Des informations complémentaires et des exemples d'essais sont donnés dans cet article. Ils sont applicables après accord entre le constructeur et le client.

A.9.1.1.1 Essais de type

Objectifs

Les principaux objectifs des essais de type développés dans cette norme sont:

- de démontrer que l'EE n'a pas de défaut inhérent à sa conception qui puisse diminuer ses performances, sa durée de vie ou sa fiabilité;
- de vérifier que les procédés de fabrication du constructeur, y compris les essais, le réglage et l'assurance qualité sont satisfaisants;
- de contrôler la stabilité des performances de l'EE lorsqu'il est soumis à l'influence de différents facteurs comme les variations de tension d'alimentation, les changements de température, etc.;
- de prouver, que l'EE est conforme aux exigences de la présente norme, et qu'il satisfait à ses spécifications.

A.7.3.5 Special tools

The prior approval of the customer should be obtained regarding the use of special tools.

A.7.3.6 Power sources for test equipment

Where test equipment is required for in situ servicing and testing of any EE, it is the responsibility of the contractor to advise the customer regarding the power sources required, so that he can arrange for them to be locally available.

A.7.3.7 Loose items

Loose items, such as the mating halves for all connectors, should be supplied with the EE or should be forwarded (suitably identified) to the site or contractor nominated by the customer.

A.8 Requirements for the assembly of EE(s)

A.8.3.3.1 Power input conductors to EE

Protection is ensured even without a particular overload protective device, provided that

- the conductors are designed for the maximum continuous fault current which is specified by the manufacturer of the EE (see 7.1.6.2);
- or, in the case where a maximum fault current is not specified by the manufacturer of the EE, the conductors should be designed for the rated current of the EE taking into account its duty and duty cycle.

NOTE In this case, it is assumed according to 7.1.6.2 that the EE will carry a continuous current no greater than the rated current and in the event of overcurrent it will be disconnected in good time. This applies in case of a fault in the EE or in the installation.

A.9 Testing

Additional information and examples of tests are offered in this clause. Their application depends upon agreement between manufacturer and customer.

A.9.1.1.1 Type test

Objectives

The chief objectives of the type tests detailed in this standard are

- to demonstrate that the EE does not have any inherent design faults which could adversely affect its performance, life or reliability;
- to check that the manufacturer's production processes, including testing, setting-up and quality assurance are satisfactory;
- to establish the stability of the EE when subjected to various influence factors such as supply voltage changes, temperature changes, etc.;
- to provide evidence that the EE complies with the requirements of this standard and that it meets its specification.

Dérogation à l'obligation des essais de type

On peut déroger à l'exécution des essais de type pour un EE particulier, dans le cadre d'un contrat spécifique, à condition:

- qu'il soit démontré que des essais équivalents ont été réalisés sur des EE sensiblement similaires et que leurs résultats ont été satisfaisants. Les résultats de ces essais doivent être disponibles dans un rapport d'essais certifié et complètement documenté. Il convient que ce rapport montre clairement la conformité à toutes les exigences applicables; ou
- qu'un ensemble satisfaisant et détaillé de données opérationnelles, obtenu à partir d'EE utilisés dans des applications similaires, soit fourni. Ces données devraient se rapporter à des EE identiques, d'une conception et d'une fabrication éprouvées, et conformes aux exigences spécifiées. Son aptitude à satisfaire l'application, devrait être justifiée autant par le constructeur que par le soumissionnaire du marché.

Essai de type – Séquence des essais

Il convient de choisir la séquence des essais de type de telle sorte que les essais susceptibles d'être destructifs soient prévus en fin de programme. Les essais électriques sont programmés le plus tôt possible afin que les modifications rendues nécessaires par des défaillances systématiques puissent être effectuées avant de réaliser les essais d'environnement climatiques. Les essais mécaniques doivent être programmés à la fin de la séquence.

A.9.1.1.5 Essais d'intégration

Ces essais (quelquefois appelés essais d'ensemble ou de fonctionnement en usine) sont indépendants et viennent en complément des essais de type ou individuels, qui ont pu être déjà réalisés. Ils sont plus particulièrement applicables aux systèmes. Ils consistent à exécuter des essais convenus sur un nombre d'équipements associés, reliés entre eux, afin de vérifier principalement le fonctionnement correct de l'ensemble (dans la mesure où ce contrôle est possible), et aussi l'interchangeabilité du matériel/module, et ainsi, de vérifier la compatibilité de toutes les interfaces des modules.

Il convient d'exécuter de tels essais dans les ateliers du fournisseur, en présence et à la discrétion du client. Souvent, ce sera la première fois que les différentes parties de l'EE auront été assemblées dans cette configuration particulière.

Si cela est possible, les fonctions essayées devraient être identiques à celles que le système doit réaliser une fois installé.

A.9.4 Essais supplémentaires

Des essais supplémentaires dont les conditions de réalisation sont conformes aux normes de produit pertinentes (par exemple la CEI 60146-1-1) peuvent être nécessaires. Il convient qu'ils soient réalisés par entente entre le client et le constructeur. Dans la mesure du possible, il convient de choisir ces essais parmi ceux des normes en vigueur. Des exemples de tels essais sont donnés en A.9.4.2.3 à A.9.4.8.

A.9.4.2.3 Essai à basse température

Lorsque cela est spécifié, il convient de réaliser un essai à basse température individuellement sur les sous-ensembles ou les armoires, et, si cela est possible, sur l'EE complet équipé de toutes ses portes et de tous ses panneaux. Les conditions d'essai devraient être conformes à l'essai Ad de la CEI 60068-2-1.

Type test exclusions

Type testing may be waived for a particular EE on a particular contract provided that

- evidence is offered of equivalent tests carried out on substantially similar EE with satisfactory results, provided that the test results are available in the form of a fully documented and certified test report. This report should clearly show compliance with all relevant requirements; or
- well documented and satisfactory field data is provided, which has been obtained from EEs used in a similar application. This data should relate to identical EEs which are of an established design, in production and compliant with the specified requirements. Its suitability for the application should be supported by the manufacturer as well as the tenderer.

Type test – sequence of individual tests

The sequence of type tests should be chosen so that potentially destructive tests are deferred to the end of the program. Electrical tests are programmed early so that any modifications required as a result of a systematic failure are made before the climatic testing is carried out, and mechanical tests come at the end of the sequence.

A.9.1.1.5 Integration tests

These tests (sometimes known as systems/works tests) are independent of, and in addition to, any type or routine testing which may have been carried out. Tests are mostly applicable to systems and consist of the performing of agreed tests on a number of associated equipments connected together to check chiefly for satisfactory overall performance (in so far as this check may be possible) and for equipment/module interchangeability, thus checking the compatibility of all module interfaces.

Such tests should be performed at the contractor's works and should be witnessed at the discretion of the customer. Often, this will be the first time that the various items of EE have been connected together in that particular configuration.

Where possible, the functions performed should be similar to those which the system is designed to perform when installed.

A.9.4 Additional tests

Additional tests with test conditions in accordance with statements laid down in respective product standards (for example IEC 60146-1-1) can be necessary. They should be agreed upon between customer and manufacturer. As far as possible, these tests should be selected from available standards. Examples of such tests are given in A.9.4.2.3 to A.9.4.8.

A.9.4.2.3 Low temperature test

Where specified, a low temperature test should be carried out on individual sub-units, units and where applicable, on the complete EE or assembly with all doors and covers in place. Test conditions should be in accordance with test Ad of IEC 60068-2-1.

A.9.4.2.4 Essai de corrosion saline

Cet essai n'est justifié que pour des applications particulières lorsque l'EE se trouve installé dans des installations marines, côtières ou embarquées. Il convient d'exécuter l'essai conformément à l'essai Kb de la CEI 60068-2-52.

A.9.4.2.5 Essai cyclique de chaleur humide

Lorsque cela est spécifié, il convient d'exécuter cet essai sur un nombre convenu d'échantillons de composants, de matériaux ou de revêtements de surface, qui n'ont pas encore été agréés, ou lorsque les effets de l'humidité sont inconnus. Il convient d'exécuter l'essai conformément à l'essai Db de la CEI 60068-2-30.

A.9.4.2.6 Essai aux moisissures

L'essai peut être spécifié sur des échantillons de composants, de matériaux et de revêtements de surface lorsque leur résistance à la moisissure est inconnue ou douteuse.

Il convient d'exécuter l'essai conformément à l'essai J de la CEI 60068-2-10.

A.9.4.2.7 Essai en atmosphère industrielle

Cet essai peut être spécifié sur des échantillons de composants, de matériaux et de revêtements qui n'ont pas encore été agréés ou dont la tenue aux agents agressifs est inconnue.

Il convient d'exécuter l'essai conformément à l'essai Kc de la CEI 60068-2-42.

A.9.4.3.4 Essai de chute

Cet essai est prévu pour être exécuté sur des EE portables et sur des unités ou sous-ensembles. Il n'est pas prévu de les exécuter sur des racks complets d'EE.

Il convient d'exécuter l'essai conformément à l'essai de la CEI 60068-2-31.

A.9.4.3.5 Essai sismique

Si un essai sismique est demandé, des précisions doivent être fournies dans l'appel d'offres ou dans la spécification d'achat particulière.

A.9.4.5.3 Essai aux décharges partielles

Les cartes de circuits imprimés et les circuits multicouches contenant des circuits avec séparation de protection seront traités comme les composants utilisés pour la séparation de protection.

Si la séparation de protection des circuits est réalisée sur des circuits imprimés (ou des circuits multicouches), alors il convient de tester le matériau support.

La décharge partielle dans l'air ne peut apparaître en dessous de 300 V (minimum de Paschen). En pratique, elle apparaît difficilement en dessous de 500 V.

A.9.4.6.4 Essai de perturbations à haute fréquence

Cet essai est exigé pour démontrer que l'EE sous tension pourra fonctionner correctement, quand on lui applique une onde oscillatoire amortie de 1 MHz. L'essai est basé sur la CEI 60255-22-1.

A.9.4.2.4 Salt corrosion test

This test is for the particular application where the EE is for coastal and off-shore installations. The test should be carried out in accordance with test Kb of IEC 60068-2-52.

A.9.4.2.5 Humidity cycling test

Where specified, this test should be carried out on an agreed number of samples of components, materials or finishes not already approved, or when the effects of humidity are unknown. The test should be carried out in accordance with test Db of IEC 60068-2-30.

A.9.4.2.6 Mould growth test

The test may be required on samples of components, materials and finishes where their resistance to mould growth is unknown or suspect.

The test should be carried out in accordance with test J of IEC 60068-2-10.

A.9.4.2.7 Industrial atmosphere test

This test may be required on samples of components, materials and finishes where they are not already approved or are of unknown performance.

The test should be carried out in accordance with test Kc of IEC 60068-2-42.

A.9.4.3.4 Drop test

This test is intended to be carried out on EEs which are portable and on units and sub-assemblies. It is not intended that it be carried out on complete sub-racks of EE.

This test should be carried out in accordance with IEC 60068-2-31.

A.9.4.3.5 Seismic test

Where seismic testing is required, details will be specified in the particular individual enquiry or purchasing specification.

A.9.4.5.3 Partial discharge test

Printed circuit boards and multilayer boards containing circuits with protective separation are also classified with components to be used for protective separation.

If protective separation of circuits is realized on circuit boards (also multilayer boards), then their basic material should be tested for PD-freedom or PD-resistance.

Within air, partial discharge cannot appear below 300 V (Paschen minimum). In practice, it hardly ever appears below 500 V.

A 9.4.6.4 High frequency disturbance test

This test is required to demonstrate that the EE will function correctly when the 1 MHz damped oscillatory waveform is applied to the fully energized EE. The test is based on IEC 60255-22-1.

A.9.4.6.5 Essai d'isolement pour les accès isolés électriquement d'E/S et de télécommunications liés au processus

Les exigences de cet essai sont spécifiées dans la CEI 60255-5 ainsi que les critères d'acceptation.

Exigences d'isolation

Les exigences suivantes sont recommandées pour l'isolation électrique d'un seul accès ou d'un groupe d'accès, par rapport à la terre ou entre eux (voir A.6.3.5.2):

- résistance d'isolement: 100 MΩ;
- rigidité diélectrique: 1 kV c.a. ou 1,5 kV c.c. (durée 60 s);
- tenue aux chocs: 1,2/50 μs, 2 kV crête.

L'exigence de rigidité diélectrique en courant continu est recommandée pour les interfaces E/S y compris les filtres ou les capacités connectés à la terre, conformément à la spécification du produit.

Générateurs d'essai et procédures d'essai

Les essais d'isolement qui suivent devraient être exécutés avant les essais d'immunité aux perturbations conduites.

Trois essais différents sont prévus pour vérifier les exigences d'isolement; les équipements spécifiques d'essai sont:

- instrument de mesure de tension d'isolement, tension de sortie continue 500 V;
- générateur d'essai de rigidité diélectrique, tension de sortie alternative et continue;
- générateur d'impulsions de choc normalisé 1,2/50 μs, impédance interne 500 Ω.

Il convient que l'équipement sous essai soit complètement monté et équipé comme dans son installation finale; le démontage d'un sous-ensemble, de modules, de câblage ou de composants n'est pas autorisé.

Des exemples de configurations d'essais, communes aux trois types d'essais sont représentés:

- à la Figure A.10 pour un EE mis à la terre par une terre dédiée;
- à la Figure A.11 pour un EE mis à la terre par son cordon d'alimentation.

Des détails sur les procédures d'essai sont donnés dans la CEI 60255-5.

Afin d'accélérer la procédure, les essais d'isolement, d'un accès isolé ou d'un groupe d'accès, par rapport à la terre et par rapport aux autres accès, peuvent être réalisés simultanément, en appliquant la tension d'essai comme cela est spécifié dans la Figure A.12.

A.9.4.6.5 Insulation tests for process I/O and telecommunication ports with electrical isolation

The requirements for this test are specified in IEC 60255-5 together with the acceptance criteria.

Insulation requirements

The following requirements are recommended for the electrical isolation of a single port or grouping of ports to ground and to other ports (see A.6.3.5.2):

- insulation resistance: 100 M Ω ;
- dielectric strength: 1 kV a.c. or 1,5 kV d.c. (60 s duration);
- pulse withstand ability: 1,2/50 μ s, 2 kV (peak value).

The d.c. dielectric strength requirement is recommended for I/O interfaces including filters or capacitors connected to ground, according to the product specification.

Test generators and test procedures

The insulation tests in the following should be carried out before the conducted disturbances immunity tests.

Three different tests are foreseen to verify the isolation requirements. The specific test equipment comprises:

- insulation measuring instrument, output voltage 500 V d.c.;
- dielectric strength test generator, a.c. and d.c. output voltage;
- 1,2/50 μ s standard pulse generator, internal impedance 500 Ω .

The equipment under test should be fully assembled and equipped, as in final installation; disassembling of sub-system, modules, cabling or components is not allowed.

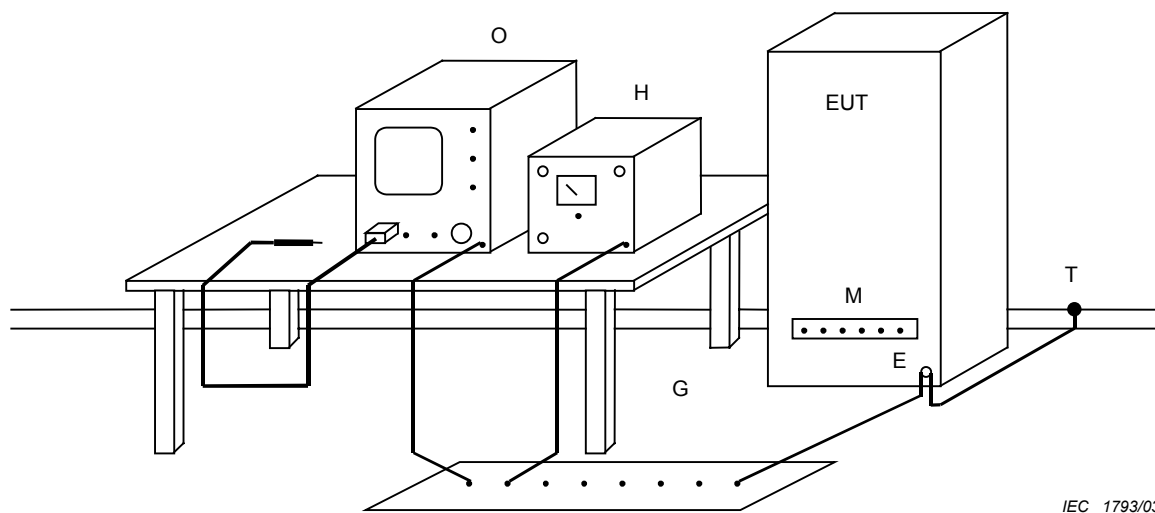
Examples of the test set-up, common to the three kinds of test, are represented in

- Figure A.10 – Test set-up for EE earthed via a dedicated earthing connection;
- Figure A.11 – Test set-up for EE earthed via the power cord.

Details on the test procedures are reported in IEC 60255-5.

In order to speed-up the test procedure, the insulation of a single port or grouping of ports to ground and to other ports can be tested at the same time, applying the test voltage as specified in:

- Figure A.12 – Application of the test voltage to a single port and to grouping of ports.



Légende

EUT équipement en essai

H générateur d'essai

E borne de terre

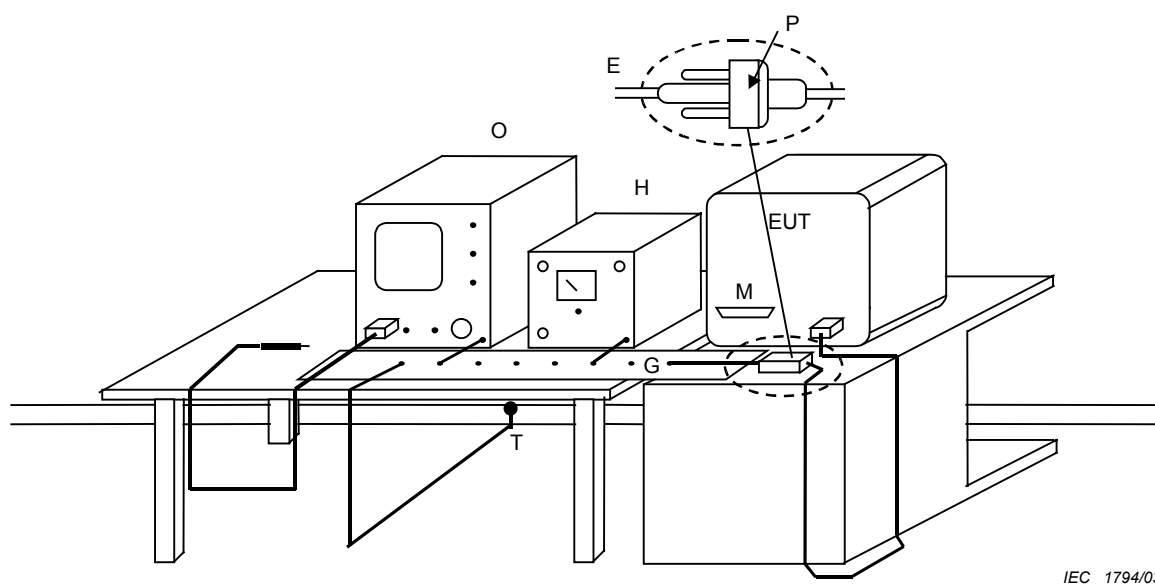
M bornier/connecteur d'E/S

T terre de protection

G plaque de terre

O oscilloscope

Figure A.10 – Configuration d'essai pour un EE mis à la terre par un raccordement dédié



Légende

EUT équipement en essai

H générateur d'essai

P connecteur d'alimentation

E borne de terre

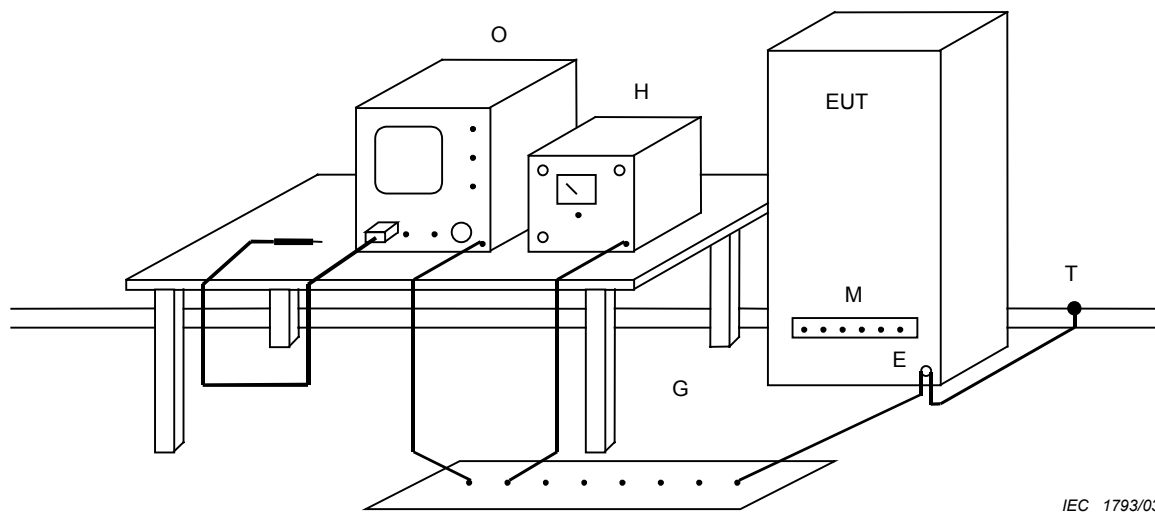
M bornier/connecteur d'E/S

T terre de protection

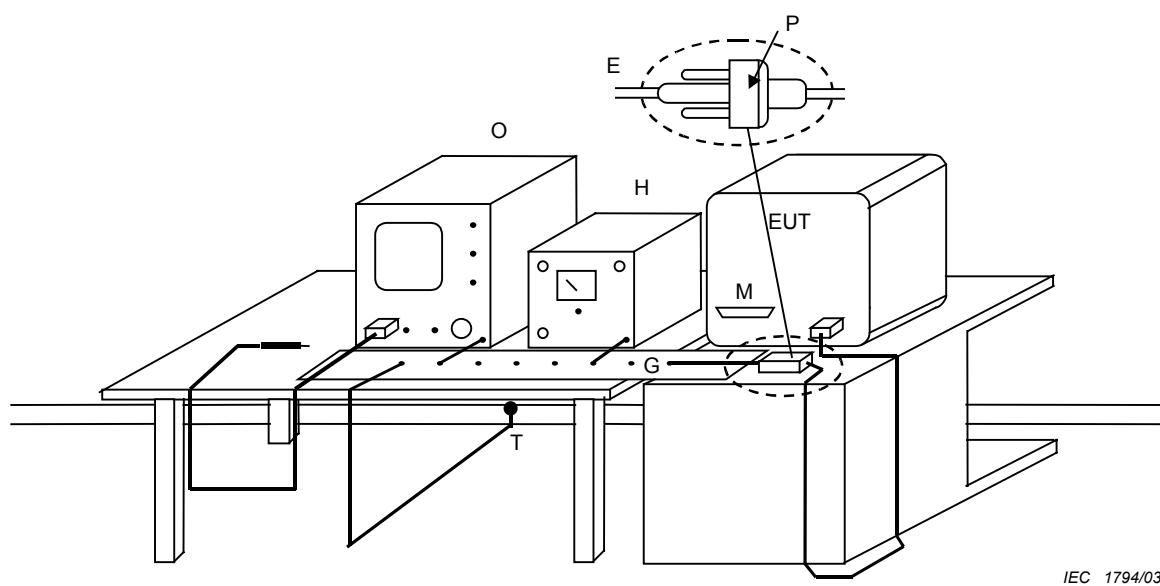
G plaque de terre

O oscilloscope

Figure A.11 – Configuration d'essai pour un EE mis à la terre par son cordon d'alimentation

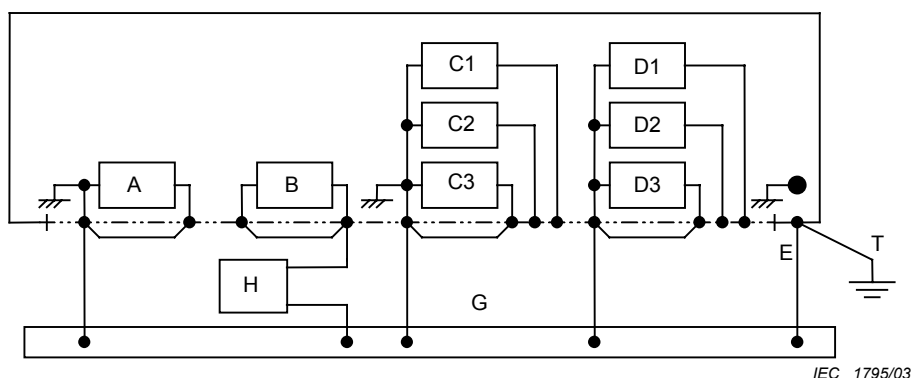
**Key**

EUT	equipment under test	E	ground terminal	G	ground plane
H	test generator	M	I/O terminals and connectors	O	oscilloscope
T	protective earth				

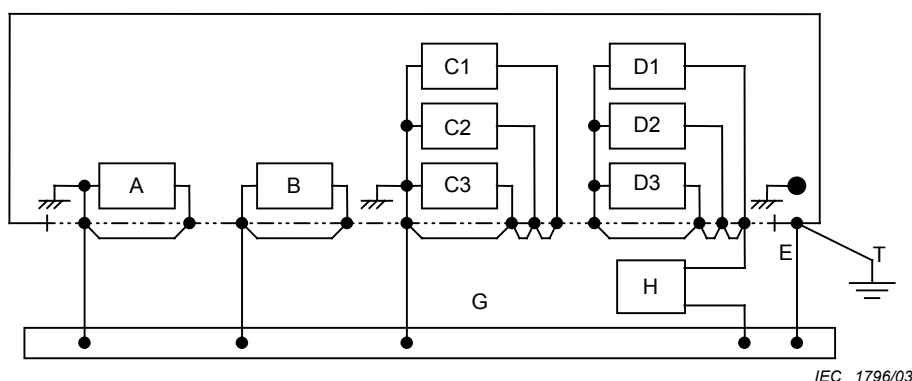
Figure A.10 – Test set-up for EE earthed via a dedicated earthing connection**Key**

EUT	equipment under test	E	ground terminal	G	ground plane
H	test generator	M	I/O terminals and connectors	O	oscilloscope
P	power connector	T	protective earth		

Figure A.11 – Test set-up for EE earthed via the power cord



a) Essai d'un accès unique E/S



b) Essai d'un groupe d'accès E/S

Légende

A interface terminée par une E/S unique

D groupe d'interfaces d'E/S d'isolement

H générateur d'essai

B interface E/S d'isolement

E borne de terre

T terre de protection

C groupe d'interfaces terminées par une E/S unique

G plaque de terre

Figure A.12 – Application de la tension d'essai à un accès unique et à un groupe d'accès

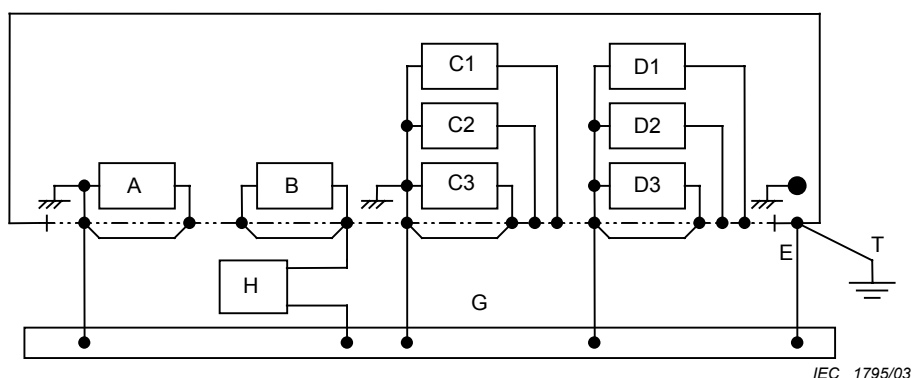
Résultats d'essais et critères d'acceptation

La résistance d'isolement est satisfaisante si les valeurs mesurées pour les différents accès sont supérieures à la limite spécifiée. Pendant l'essai, les variations de la valeur de la résistance d'isolement, comme les écarts de valeurs pour des accès de même catégorie, devraient être examinées et justifiées.

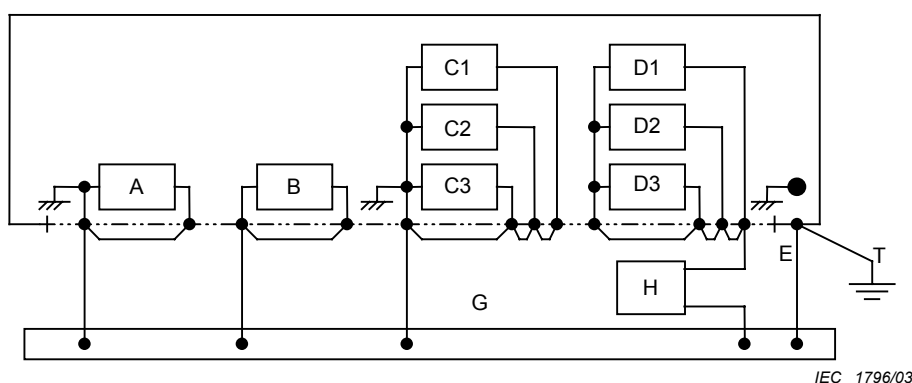
La rigidité diélectrique est satisfaisante si aucune décharge n'est constatée (observation à l'oscilloscope incluse), durant toute la période d'essai, et si le courant de fuite ou le courant à la terre prévu (alternatif ou continu) n'est pas dépassé.

La capacité de tenue aux chocs est satisfaisante si aucune décharge n'est constatée (observation à l'oscilloscope incluse). Il convient que toute altération de la forme d'onde de l'impulsion de tenue aux chocs, due par exemple à la présence de dispositifs de protection contre les surtensions, soit justifiée. La forme d'onde de l'impulsion de référence est celle qui est délivrée par le générateur d'impulsion à vide.

A la fin de ce cycle d'essai, il convient de remettre l'EE complètement remis en service afin de vérifier l'intégrité de ses fonctionnalités et de sa capacité à les satisfaire.



a) Testing a single I/O port



b) Testing a group of I/O ports

Key

A I/O single-ended interface	B I/O isolation interface	C group of I/O single-ended interfaces
D group of I/O isolation interfaces	E ground terminal	G ground plane
H test generator	T protective earth	

Figure A.12 – Application of the test voltage to a single port and to grouping of ports**Test results and acceptance criteria**

The insulation resistance meets the requirement if the values measured for the different ports are higher than the specified limit. During the test, instability in the value of the insulation resistance, as well as discrepancies among the insulation resistance value of ports of the same category, should be investigated and justified.

The dielectric strength meets the requirement if no discharge is detected during the whole test period (including oscilloscope investigation), and expected leakage/insulation current (a.c./d.c.) is observed.

The pulse withstanding capability meets the requirement if no discharge is detected (including oscilloscope investigation). Any modification of the pulse test waveform, due to for example the presence of surge protection devices, should be justified. The verification should refer to the waveform at the no load condition of the test generator.

At the end of the insulation test cycle, the EE should be fully exercised to verify its integrity and capacity to satisfy the functional requirements.

A.9.4.8 Essai d'endurance

A moins qu'il n'en soit convenu autrement, il convient de configurer l'EE de façon à simuler les conditions normales de fonctionnement sous tension. L'EE doit être maintenu en fonctionnement pendant une période continue d'au minimum 100 h. Cette période peut être, après accord, fractionnée en périodes plus courtes, si cela est compatible avec le fonctionnement de l'EE.

Durant l'essai, il convient d'effectuer des mesures et des observations afin de démontrer que l'EE satisfait à ses exigences fonctionnelles, possède une stabilité adéquate et est capable de fonctionner sans surveillance importante. Le niveau de la surveillance dépendra de la nature de l'EE en essai.

Si des pannes se produisent ou si des réglages sont nécessaires, il convient d'enregistrer tous les détails pour le client qui demandera la preuve qu'il n'existe aucun défaut inhérent à la conception et à la fabrication, et qui décidera de la poursuite de l'essai ou de son recommencement.

Essai d'endurance (essai individuel)

Il convient de mettre l'EE sous tension pendant une période d'au moins 100 h. La configuration des commandes d'entrée et de sortie et la fonction exécutée durant toute cette période devrait, à moins qu'il n'en soit convenu autrement, être déterminée par le constructeur.

Comme l'un des objectifs principaux de cet essai est de déterminer les composants, l'essai devrait, si possible, les impliquer tous.

Essai d'endurance (essai sur site)

Cet essai sera spécifié sur demande.

A.9.4.8 Soak test

Unless otherwise agreed, EE should be set up in a manner to simulate normal operating conditions, switched on, and allowed to operate continuously for a minimum period of 100 h. This period may, by agreement, be broken down into shorter periods if compatible with the function of the EE.

During the test, measurements and observations should be made to demonstrate that the EE fulfils its functional requirement, has adequate stability, and is capable of operating without frequent attention. The extent of performance monitoring required will depend upon the nature of the EE under test.

If any failures occur or adjustments are made, full details should be recorded for the customer who will require evidence that there are no inherent design or manufacturing faults and will decide whether the test may be restarted or should be repeated.

Soak test (routine testing)

The EE should be powered for a period of at least 100 h. The input and output conditions and the function performed throughout this period should, unless otherwise agreed, be determined by the manufacturer. As one of the main functions of the test is to "burn in" the components, the test should if possible exercise all components.

Soak test (site testing)

Where required, this test will be specified.

Bibliographie

- CEI 60068-2-1:1990, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai A: Froid*
- CEI 60068-2-10:1988, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai J et guide: Moisissures*
- CEI 60068-2-30:1980, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)*
Amendement 1 (1985)
- CEI 60068-2-42:1982, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*
- CEI 60068-2-52:1996, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*
- CEI 60146-1-2:1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-2: Guide d'application*
- CEI 60255-5:2000, *Relais électriques – Partie 5: Coordination de l'isolement des relais de mesure et des dispositifs de protection – Prescriptions et essais*
- CEI 60255-22-1:1988, *Relais électriques – Vingt-deuxième partie: Essais d'influence électrique concernant les relais de mesure et dispositifs de protection – Première partie: Essais à l'onde oscillatoire amortie à 1 MHz*
- CEI 60439-1:1999, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*
- CEI 60478-1:1974, *Alimentations stabilisées à sortie en courant continu. Première partie: Termes et définitions*
- CEI 60617 (toutes les parties): *Symboles graphiques pour schémas*
- CEI 60742:1983, *Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité. Règles*
Amendement 1 (1992)
- CEI 61000-2-4:1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*
- CEI 61000-2-6:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 6: Evaluation des niveaux d'émission dans l'alimentation des centrales industrielles tenant compte des perturbations conduites à basse fréquence*
- CEI 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques*
- CEI 61000-4-3:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 3: Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

Bibliography

IEC 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-10:1988, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test J and guidance: Mould growth*

IEC 60068-2-30:1980, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12 hours cycle)*
Amendment 1 (1985)

IEC 60068-2-42:1982, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60068-2-52:1996, *Environmental testing – Part 2: Tests Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60146-1-2:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-2: Application guide*

IEC 60255-5:2000, *Electrical relays – Part 5: Insulation tests for electrical relays*

IEC 60255-22-1:1988, *Electrical relays – Part 22: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – Section 1: 1 MHz burst disturbance tests*

IEC 60439-1:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Requirements for type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60478-1:1974, *Stabilized power supplies, d.c. output – Part 1: Terms and definitions*

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

IEC 60742:1983, *Isolating transformers and safety isolating transformers – Requirements*
Amendment 1 (1992)

IEC 61000-2-4:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-2-6:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 6: Assessment of the emission levels in the power supply of industrial plants as regards low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity tests*

IEC 61000-4-3:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

CEI 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61082-1:1991, *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique – Partie 1: Prescriptions générales*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61082-1:1991, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 1: General requirements*



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 Varembe
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 Varembe
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 2-8318-7103-4



9 782831 871035

ICS 29.240.99; 91.140.50
