

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

60364-4-41

Edition 3.2

1999-05

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Edition 3:1992 consolidée par les amendements 1:1996 et 2:1999
Edition 3:1992 consolidated with amendments 1:1996 and 2:1999

Installations électriques des bâtiments –

**Quatrième partie:
Protection pour assurer la sécurité –
Chapitre 41: Protection contre les chocs
électriques**

Electrical installations of buildings –

**Part 4:
Protection for safety –
Chapter 41: Protection against electric shock**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60364-4-41:1992+A1:1996+A2:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60364-4-41

Edition 3.2

1999-05

**PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION**

Edition 3:1992 consolidée par les amendements 1:1996 et 2:1999
Edition 3:1992 consolidated with amendments 1:1996 and 2:1999

Installations électriques des bâtiments –

**Quatrième partie:
Protection pour assurer la sécurité –
Chapitre 41: Protection contre les chocs
électriques**

Electrical installations of buildings –

**Part 4:
Protection for safety –
Chapter 41: Protection against electric shock**

© IEC 1999 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 photo-copie 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
4 Protection pour assurer la sécurité	8
400.1 Introduction	8
41 Protection contre les chocs électriques	8
41.1 Domaine d'application	8
41.2 Références normatives	8
411 Protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects	10
411.1 Protection par très basse tension: TBTS et TBTP	10
411.2 Protection par limitation de l'énergie de décharge (à l'étude)	14
411.3 Circuit TBTF	16
412 Protection contre les contacts directs	18
412.1 Protection par isolation des parties actives	18
412.2 Protection au moyen de barrières ou d'enveloppes	18
412.3 Protection au moyen d'obstacles	20
412.4 Protection par mise hors de portée par éloignement	20
412.5 Protection complémentaire par dispositifs à courant différentiel-résiduel	22
413 Protection contre les contacts indirects	22
413.1 Protection par coupure automatique de l'alimentation	22
413.2 Protection par emploi de matériels de la classe II ou par isolation équivalente	36
413.3 Protection dans les locaux (ou emplacements) non conducteurs	40
413.4 Protection par liaisons équipotentielles locales non reliées à la terre	42
413.5 Protection par séparation électrique	42

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
4 Protection for safety	9
400.1 Introduction.....	9
41 Protection against electric shock.....	9
41.1 Scope	9
41.2 Normative references.....	9
411 Protection against both direct and indirect contact	11
411.1 Protection by extra-low voltage SELV and PELV	11
411.2 Protection by limitation of discharge energy (under consideration).....	15
411.3 FELV system	17
412 Protection against electric shock in normal service (protection against direct contact, or basic protection)	19
412.1 Protection by insulation of live parts.....	19
412.2 Protection by barriers or enclosures.....	19
412.3 Protection by obstacles.....	21
412.4 Protection by placing out of reach	21
412.5 Additional protection by residual current devices	23
413 Protection against indirect contact.....	23
413.1 Protection by automatic disconnection of supply.....	23
413.2 Protection by use of Class II equipment or by equivalent insulation	37
413.3 Protection by non-conducting location	41
413.4 Protection by earth-free local equipotential bonding	43
413.5 Protection by electrical separation	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS –

Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques

AVANT-PROPOS

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

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes 64: Installations électriques des bâtiments.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide CEI 104.

La présente version consolidée de la CEI 60364-4-41 est issue de la troisième édition (1992) [documents 64(BC)184+193 et 64(BC)203+216], de son amendement 1 (1996) [documents 64/791/FDIS et 64/836/RVD] et de son amendement 2 (1999) [documents 64/1045/FDIS et 64/1064/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 3.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1 et l'amendement 2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS –

Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock

FOREWORD

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

This standard has been prepared by technical committee 64: Electrical installations of buildings.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

This consolidated version of IEC 60364-4-41 is based on the third edition (1992) [documents 64(CO)184+193 and 64(CO)203+216], its amendment 1 (1996) [documents 64/791/FDIS and 64/836/RVD] and amendment 2 (1999) [documents 64/1045/FDIS and 64/1064/RVD].

It bears the edition number 3.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1 and amendment 2.

INTRODUCTION

Par suite des décisions prises par le CE 64, la terminologie suivante a été adoptée dans cette troisième édition.

Le terme TBTS (SELV) a été introduit au lieu de l'ancienne dénomination «Très basse tension de sécurité». L'expression complète de ce terme n'est pas utilisée afin d'éviter, conformément aux directives du Guide 104, le mot «sécurité» dans cette association (la proposition d'utiliser le mot «séparée» en variante n'a pas reçu un appui suffisant).

Le nouveau terme TBTP (PELV) a été choisi comme variante de la TBTS (SELV) reliée à la terre (auparavant incluse dans la «Très basse tension fonctionnelle» en 411.3.2.1). Dans ce cas, on n'a pas donné de nom complet non plus à ce terme, mais P peut être considéré comme signifiant «de Protection».

Par analogie aux désignations précédentes, le nom de «Très basse tension fonctionnelle» à été abrégé en TBTF (FELV).

INTRODUCTION

As a consequence of the decisions taken by TC 64 the following terminology has been adopted in this third edition.

The term SELV has been introduced instead of the former name "Safety extra-low voltage". The full name of this term is not used in order to avoid, in accordance with the direction of the Guide 104, the word "safety" in this combination (the alternative proposal to use the word "separated" instead did not find sufficient support).

The new term PELV has been chosen for the earthed variety of SELV (formerly included in "Functional extra-low voltage" as 411.3.2.1). Here again no full name is given but P may be understood to stand for "Protective".

By analogy with the foregoing notations "Functional extra-low voltage" has been abbreviated as FELV.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS –

Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques

4 Protection pour assurer la sécurité

400.1 Introduction

400.1.1 Les chapitres 41 à 46 contiennent les prescriptions essentielles pour assurer la protection des personnes, des animaux d'élevage et des biens. Le chapitre 47 traite des prescriptions pour l'application et la coordination de ces mesures de protection. Le chapitre 48 précise les règles particulières en fonction de certaines conditions d'influences externes. Les prescriptions pour le choix et l'installation des matériels sont spécifiées dans la cinquième partie et les prescriptions relatives aux essais dans la sixième partie.

400.1.2 Les mesures de protection peuvent être appliquées à une installation complète, à une partie d'installation ou à un matériel.

Si certaines conditions d'une mesure de protection ne sont pas respectées, des mesures complémentaires doivent être prises afin d'assurer, par de telles mesures de protection combinées, le même niveau de sécurité que celui de la mesure complète.

NOTE – Un exemple d'application de cette règle est donné dans l'article 411.3.

400.1.3 L'ordre dans lequel les mesures de protection sont décrites n'implique aucune notion d'importance relative.

41 Protection contre les chocs électriques

41.1 Domaine d'application

La protection contre les chocs électriques doit être prévue en appliquant les mesures appropriées spécifiées dans les sections:

- 411 pour la protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects, ou
- 412 pour la protection contre les contacts directs, et
- 413 pour la protection contre les contacts indirects,

comme prescrit par la section 471 et le chapitre 48.

41.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent chapitre de la CEI 60364-4. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent chapitre de la CEI 60364-4 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60146-2:1974, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Partie 2: Convertisseurs auto-commutés à semi-conducteurs*

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS –

Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock

4 Protection for safety

400.1 Introduction

400.1.1 Chapters 41 to 46 specify essential requirements for protection of persons, livestock and property. Chapter 47 deals with the application and co-ordination of these requirements and Chapter 48 qualifies those requirements in relation to particular classes of external influences. Requirements for the selection and erection of equipment are specified in Part 5 and test requirements in Part 6.

400.1.2 Protective measures may be applicable to an entire installation, to a part, or to an item of equipment.

If certain conditions of a protective measure are not satisfied, supplementary measures shall be taken to ensure by such combined protective measures the same degree of safety as complete compliance with those conditions.

NOTE – An example of the application of this rule is given in clause 411.3

400.1.3 The order in which the protective measures are specified does not imply any relative importance.

41 Protection against electric shock

41.1 Scope

Protection against electric shock shall be provided by application of the appropriate measures specified in Sections:

- 411 for protection both in normal service and in case of a fault, or
- 412 for protection in normal service, and
- 413 for protection in case of a fault,

as required by Section 471 and Chapter 48.

41.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this chapter of IEC 60364-4. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this chapter of IEC 60364-4 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60146-2:1974, *Semiconductor convertors – Part 2: Semiconductor self commutated convertors*

CEI 60536-2:1992, *Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques – Partie 2: Directives pour des prescriptions en matière de protection contre les chocs électriques*

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

411 Protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects

411.1 Protection par très basse tension: TBTS (SELV) et TBTP (PELV)

411.1.1 La protection contre les chocs électriques est considérée comme assurée lorsque:

- la tension nominale ne peut être supérieure à la limite supérieure du domaine I^{*},
- la source d'alimentation est une source aux termes de 411.1.2, et
- toutes les conditions de 411.1.3 sont remplies, ainsi que celles
 - de 411.1.4 pour les circuits non reliés à la terre (TBTS [SELV]), ou
 - de 411.1.5 pour les circuits reliés à la terre (TBTP [PELV]).

NOTE 1 – Lorsque le circuit est alimenté à partir d'un circuit de tension plus élevée par l'intermédiaire d'autres matériels, tels qu'autotransformateurs, potentiomètres, dispositifs à semi-conducteurs, etc., le circuit secondaire ainsi formé est considéré comme faisant partie du circuit primaire et doit être inclus dans la mesure de protection de ce circuit.

NOTE 2 – Des limites plus basses peuvent être spécifiées pour certaines influences externes (à l'étude). Voir aussi la CEI 60364-7: Installations électriques des bâtiments – Septième partie: Règles pour les installations et emplacements spéciaux.

NOTE 3 – En schéma à courant continu avec des batteries d'accumulateurs, les tensions de charge et de flottement des batteries sont supérieures aux tensions nominales, en fonction du type de batterie. Cela ne nécessite pas de mesures complémentaires de protection en plus de celles spécifiées dans ce paragraphe.

Il convient que la tension de charge ne dépasse pas la valeur maximale appropriée de 75 V en courant alternatif ou de 150 V en courant continu, conformément aux situations d'environnement données dans le tableau 1 de la CEI 61201.

411.1.2 Sources pour TBTS (SELV) et TBTP (PELV)

411.1.2.1 Un transformateur de sécurité conforme à la CEI 60742 (1983): Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité – Règles.

411.1.2.2 Une source de courant assurant un degré de sécurité équivalent à celui d'un transformateur de sécurité décrit en 411.1.2.1 (par exemple moteur-générateur avec enroulements présentant une séparation équivalente).

411.1.2.3 Une source électrochimique (piles ou accumulateurs) ou une autre source qui ne dépend pas de circuits de tension plus élevée (par exemple groupe moteur thermique-générateur).

411.1.2.4 Certains dispositifs électroniques conformes aux normes appropriées, dans lesquels des mesures ont été prises pour assurer que, même en cas de défaut interne de ce dispositif, la tension aux bornes de sortie ne peut être supérieure aux limites indiquées en 411.1.1. Des valeurs plus élevées peuvent être admises, si, en cas de contact, direct ou indirect, la tension aux bornes de sortie est immédiatement réduite à ces limites ou au-dessous.

NOTE 1 – Des matériels d'essai d'isolement sont des exemples de tels dispositifs.

* Voir la CEI 60449 (1973): *Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments*.

IEC 60536-2:1992, *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock – Part 2: Guidelines to requirements for protection against electric shock*

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

411 Protection against both direct and indirect contact

411.1 Protection by extra-low voltage: SELV and PELV

411.1.1 Protection against electric shock is deemed to be provided when:

- the nominal voltage cannot exceed the upper limit of voltage band I*;
- the supply is from one of the sources listed in 411.1.2, and
- all the conditions of 411.1.3 and, in addition, either
 - 411.1.4 for unearthed circuits (SELV), or
 - 411.1.5 for earthed circuits (PELV) are fulfilled.

NOTE 1 – If the system is supplied from a higher voltage system by other equipment such as autotransformers, potentiometers, semiconductor devices, etc., the output circuit is deemed to be an extension of the input circuit and shall be protected by the protective measures applied to the input circuit.

NOTE 2 – For certain external influences, lower voltage limits may be required (under consideration). See also IEC 60364-7: Electrical installations of buildings, Part 7: Requirements for special installations or locations.

NOTE 3 – In d.c. systems with batteries, the battery charging and floating voltages exceed the battery nominal voltage, depending on the type of battery. This does not require any protective measures in addition to those specified in this subclause.

The charging voltage should not exceed a maximum value of 75 V a.c. or 150 V d.c. as appropriate, according to the environmental situation as given in table 1 of IEC 61201.

411.1.2 Sources for SELV and PELV

411.1.2.1 A safety isolating transformer in accordance with IEC 60742 (1983): Isolating transformers and safety isolating transformers – Requirements.

411.1.2.2 A source of current providing a degree of safety equivalent to that of the safety isolating transformer specified in 411.1.2.1 (e.g. motor generator with windings providing equivalent isolation).

411.1.2.3 An electrochemical source (e.g. a battery) or another source independent of a higher voltage circuit (e.g. a diesel-driven generator).

411.1.2.4 Certain electronic devices complying with appropriate standards where measures have been taken in order to ensure that, even in the case of an internal fault, the voltage at the outgoing terminals cannot exceed the values specified in 411.1.1. Higher voltages at the outgoing terminals are, however, admitted if it is ensured that, in case of direct or indirect contact, the voltage at the output terminals is immediately reduced to those values or less.

NOTE 1 – Examples of such devices include insulation testing equipment.

* See IEC 60449 (1973): *Voltage bands for electrical installations of buildings*.

NOTE 2 – Lorsque la tension aux bornes de sortie est plus élevée, la conformité à cette disposition peut être considérée si la tension aux bornes de sortie est à l'intérieur des limites spécifiées en 411.1.1 lorsqu'elle est mesurée avec un voltmètre ayant une résistance interne d'au moins 3 000 Ω .

411.1.2.5 Les sources mobiles, telles que transformateurs de sécurité ou groupes moteur-générateur, doivent être choisies ou installées conformément aux prescriptions de la mesure de protection par emploi de matériels de la classe II ou par isolation équivalente (voir article 413.2).

411.1.3 Conditions d'installation des circuits

411.1.3.1 Les parties actives des circuits TBTS (SELV) et TBTP (PELV) doivent être séparées électriquement les unes des autres et séparées des autres circuits. Des dispositions doivent être prises pour assurer une séparation au moins équivalente à celle existant entre les circuits primaire et secondaire d'un transformateur de sécurité.

NOTE 1 – Cette prescription ne s'oppose pas à la liaison du circuit TBTP (SELV) à la terre (voir 411.1.5).

NOTE 2 – En particulier, une séparation électrique au moins équivalente à celle prévue entre les enroulements primaire et secondaire d'un transformateur de sécurité est nécessaire entre les parties actives des matériels électriques, tels que les relais, les contacteurs, les interrupteurs auxiliaires, et une partie quelconque d'un circuit de tension plus élevée.

NOTE 3 – Les tensions en courant continu pour les circuits TBTS (SELV) et TBTP (PELV) créées par des convertisseurs à semi-conducteurs (voir CEI 60146-2) nécessitent un circuit interne en courant alternatif alimentant les éléments de redressement. Cette tension alternative interne est supérieure à la tension continue pour des raisons physiques. Ce circuit alternatif interne n'est pas considéré comme un «circuit de tension plus élevée» au sens de ce paragraphe. Entre les circuits internes et les circuits externes de tension plus élevée, une séparation de protection (conforme à 2.9 de la CEI 60536-2) est prescrite.

411.1.3.2 Les conducteurs de tout circuit TBTS (SELV) et TBTP (PELV) doivent de préférence être séparés matériellement de ceux de tout autre circuit. Si cela n'est pas possible, une des conditions suivantes doit être remplie:

- les conducteurs des circuits TBTS (SELV) et TBTP (PELV) doivent être munis, en plus de leur isolation principale, d'une gaine non métallique;
- les conducteurs des circuits à des tensions différentes doivent être séparés par un écran métallique relié à la terre ou par une gaine métallique reliée à la terre;

NOTE – Dans les cas indiqués ci-dessus, l'isolation principale de chacun des conducteurs peut ne correspondre qu'à la tension du circuit considéré.

- un câble multiconducteur ou un groupement de conducteurs peut contenir des circuits à des tensions différentes pourvu que les conducteurs des circuits TBTS (SELV) et TBTP (PELV) soient isolés, soit individuellement, soit collectivement, pour la tension la plus élevée mise en jeu.

411.1.3.3 Les prises de courant pour des circuits TBTS (SELV) et TBTP (PELV) doivent satisfaire aux prescriptions suivantes:

- les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans les socles alimentés sous d'autres tensions;
- les socles doivent empêcher l'introduction de fiches conçues pour d'autres tensions, et
- les socles ne doivent pas comporter de contact de protection.

411.1.4 Prescriptions pour circuits non reliés à la terre (TBTS [SELV])

411.1.4.1 Les parties actives des circuits TBTS (SELV) ne doivent pas être reliées électriquement à la terre, ni à des parties actives, ni à des conducteurs de protection appartenant à d'autres circuits.

NOTE 2 – Where higher voltages exist at the outgoing terminals, compliance with this clause may be assumed if the voltage at the outgoing terminals is within the limits specified in 411.1.1 when measured with a voltmeter having an internal resistance of at least 3 000 Ω .

411.1.2.5 Mobile sources, e.g. safety isolating transformers or motor generators, shall be selected or erected in accordance with the requirements for protection by the use of class II equipment or by equivalent insulation (see clause 413.2).

411.1.3 Arrangement of circuits

411.1.3.1 Live parts of SELV and PELV circuits shall be electrically separated from each other and from other circuits. Arrangements shall ensure electrical separation not less than that between the input and the output circuits of a safety isolating transformer.

NOTE 1 – This requirement does not exclude the connection of the PELV circuit to earth (see 411.1.5).

NOTE 2 – In particular, electrical separation not less than that provided between the input and the output windings of a safety isolating transformer is necessary between the live parts of electrical equipment such as relays, contactors, auxiliary switches, and any part of a higher voltage circuit.

NOTE 3 – DC voltages for SELV and PELV circuits generated by a semiconductor converter (see IEC 60146-2) require an internal a.c. voltage circuit to supply the rectifier stack. This internal a.c. voltage exceeds the d.c. voltage for physical reasons. This internal a.c. circuit is not to be considered as a "higher voltage circuit" within the meaning of this subclause. Between internal circuits and external higher voltage circuits protective separation (according to 2.9 of IEC 60536-2) is required.

411.1.3.2 Circuit conductors of each SELV and PELV system shall preferably be physically separated from those of any other circuit conductors. When this requirement is impracticable, one of the following arrangements is required:

- SELV and PELV circuit conductors shall be enclosed in a non-metallic sheath in addition to their basic insulation;
- conductors of circuits at different voltages shall be separated by an earthed metallic screen or an earthed metallic sheath;

NOTE – In the above arrangements, basic insulation of any conductor needs only to be sufficient for the voltage of the circuit of which it is a part.

- circuits at different voltages may be contained in a multiconductor cable or other grouping of conductors but the conductors of SELV and PELV circuits shall be insulated, individually or collectively, for the highest voltage present.

411.1.3.3 Plugs and socket-outlets for SELV and PELV systems shall comply with the following requirements:

- plugs shall not be able to enter socket-outlets of other voltage systems;
- socket-outlets shall not admit plugs of other voltage systems;
- socket-outlets shall not have a protective conductor contact.

411.1.4 Requirements for unearthed circuits (SELV)

411.1.4.1 Live parts of SELV circuits shall not be connected to earth or to live parts or to protective conductors forming part of other circuits.

411.1.4.2 Les masses ne doivent pas être reliées intentionnellement:

- ni à la terre;
- ni à des conducteurs de protection ou des masses d'autres circuits;
- ni à des éléments conducteurs; toutefois, pour les matériels qui, de par leur disposition, sont forcément reliés à des éléments conducteurs, la présente mesure reste valable si l'on peut être certain que ces parties ne peuvent être portées à un potentiel supérieur à la tension nominale définie en 411.1.1.

NOTE – Si des masses de circuits TBTS sont susceptibles de se trouver en contact soit de fait, soit fortuitement, avec des masses d'autres circuits, la protection contre les chocs électriques ne repose plus sur la seule mesure de protection par TBTS, mais sur les mesures de protection dont ces dernières masses font l'objet.

411.1.4.3 Lorsque la tension nominale du circuit est supérieure à 25 V valeur efficace en courant alternatif ou 60 V en courant continu lisse, la protection contre les contacts directs doit être assurée:

- soit par des barrières ou enveloppes présentant au moins un degré de protection IPXXB,
- soit par une isolation pouvant supporter une tension alternative de 500 V en valeur efficace pendant 1 min.

En général, lorsque la tension nominale n'est pas supérieure à 25 V valeur efficace en courant alternatif ou 60 V en courant continu lisse, aucune protection contre les contacts directs n'est nécessaire; toutefois, elle peut être nécessaire pour certaines conditions d'influences externes (à l'étude).

NOTE – Le courant continu lisse est défini conventionnellement par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % valeur efficace; la valeur maximale de crête n'est pas supérieure à 140 V pour une tension nominale de 120 V en courant continu lisse et 70 V pour une tension nominale de 60 V en courant continu lisse.

411.1.5 Prescriptions pour circuits reliés à la terre (TBTP [PELV])

Lorsque les circuits sont reliés à la terre et que la TBTS (SELV) conforme à 411.1.4 n'est pas requise, il convient de satisfaire aux prescriptions de 411.1.5.1 et 411.1.5.2.

411.1.5.1 La protection contre les contacts directs doit être assurée:

- soit par des barrières ou enveloppes présentant au moins un degré de protection IPXXB,
- soit par une isolation pouvant supporter une tension alternative de 500 V en valeur efficace pendant 1 min.

411.1.5.2 La protection contre les contacts directs, conformément à 411.1.5.1, n'est pas nécessaire dans un bâtiment ou à l'extérieur de celui-ci si la liaison équipotentielle principale est conforme à 413.1.2, si les masses des matériels TBTP sont reliées à la borne principale de terre par un conducteur de protection et si la tension nominale n'est pas supérieure à:

- 25 V valeur efficace en courant alternatif ou 60 V en courant continu lisse si le matériel est normalement utilisé dans des emplacements secs seulement et si des contacts importants de parties actives avec le corps humain ne sont pas prévus;
- 6 V valeur efficace en courant alternatif ou 15 V en courant continu lisse dans les autres cas.

NOTE – La liaison à la terre des circuits peut être réalisée par une liaison appropriée à la terre à l'intérieur de la source elle-même.

411.2 Protection par limitation de l'énergie de décharge

A l'étude.

411.1.4.2 Exposed-conductive-parts shall not be intentionally connected to:

- earth, or
- protective conductors or exposed-conductive-parts of another circuit, or
- extraneous-conductive-parts, except that where electrical equipment is inherently required to be connected to extraneous-conductive-parts, it is ensured that those parts cannot attain a voltage exceeding the nominal voltage specified in 411.1.1.

NOTE – If the exposed-conductive-parts of SELV circuits are liable to come into contact, either fortuitously or intentionally, with the exposed-conductive-parts of other circuits, protection against electric shock no longer depends solely on protection by SELV but also on the protective measures to which the latter exposed conductive-parts are subject.

411.1.4.3 If the nominal voltage exceeds 25 V a.c. r.m.s. or 60 V ripple-free d.c., protection against direct contact shall be provided by:

- barriers or enclosures affording a degree of protection of at least IPXXB, or
- insulation capable of withstanding a test voltage of 500 V a.c. r.m.s. for 1 min.

If the nominal voltage does not exceed 25 V a.c. r.m.s. or 60 V ripple-free d.c., protection against direct contact is generally unnecessary; however, it may be necessary under certain conditions of external influences (under consideration).

NOTE – "Ripple-free" is conventionally defined for sinusoidal ripple voltage as a ripple content of not more than 10 % r.m.s.; the maximum peak value does not exceed 140 V for a nominal 120 V ripple-free d.c. system and 70 V for a nominal 60 V ripple-free d.c. system.

411.1.5 Requirements for earthed circuits (PELV)

Where the circuits are earthed and when SELV according to 411.1.4 is not required, the requirements of 411.1.5.1 and 411.1.5.2 shall be fulfilled.

411.1.5.1 Protection against direct contact shall be ensured by either:

- barriers or enclosures affording a degree of protection of at least IPXXB, or
- insulation capable of withstanding a test voltage of 500 V a.c. r.m.s. for 1 min.

411.1.5.2 Protection against direct contact in compliance with 411.1.5.1 is not necessary within or outside a building where main equipotential bonding according to 413.1.2 is provided, and the earthing arrangement and exposed-conductive-parts of the PELV system are connected by a protective conductor to the main earthing terminal, and the nominal voltage does not exceed:

- 25 V a.c. r.m.s. or 60 V ripple-free d.c. when the equipment is normally used in dry locations only and large-area contact of live parts with the human body is not to be expected;
- 6 V a.c. r.m.s. or 15 V ripple-free d.c. in all other cases.

NOTE – The earthing of circuits may be achieved by an appropriate connection to earth within the source itself.

411.2 Protection by limitation of discharge energy

Under consideration.

411.3 Circuit TBTF (FELV)

411.3.1 Généralités

Lorsque, pour des raisons fonctionnelles, il est fait usage de tensions du domaine I mais que toutes les prescriptions de l'article 411.1 relatives à la TBTS (SELV) ou à la TBTP (PELV) ne sont pas respectées, et lorsqu'une TBTS (SELV) ou une TBTP (PELV) n'est pas nécessaire, il faut prendre les mesures de protection complémentaires décrites en 411.3.2 et 411.3.3 pour assurer aussi bien la protection contre les contacts directs que la protection contre les contacts indirects. Cette combinaison de mesures est dénommée TBTF (FELV).

NOTE – De telles conditions peuvent, par exemple, se rencontrer lorsque le circuit comporte des matériels (transformateurs, relais, télerupteurs, contacteurs) ne présentant pas un isolement suffisant par rapport à des circuits à tension plus élevée.

411.3.2 Protection contre les contacts directs

Une protection contre les contacts directs doit être assurée:

- soit au moyen de barrières ou enveloppes satisfaisant aux conditions de l'article 412.2,
- soit au moyen d'une isolation correspondant à la tension minimale d'essai requise pour le circuit primaire.

Toutefois, lorsque l'isolation d'un matériel constitutif du circuit TBTF (FELV) n'est pas capable de supporter la tension minimale d'essai spécifiée pour le circuit primaire, l'isolation des parties accessibles non conductrices doit être renforcée lors de la mise en oeuvre de manière à pouvoir supporter une tension d'essai de 1 500 V en courant alternatif, valeur efficace, pendant 1 min.

NOTE – La valeur de cette tension pourra être revue ultérieurement et dépendra des résultats de la normalisation internationale (en préparation) qui concerne la coordination de l'isolation à basse tension.

411.3.3 Protection contre les contacts indirects

Une protection contre les contacts indirects doit être assurée:

- soit par la connexion des masses du circuit TBTF (FELV) au conducteur de protection du circuit primaire, à condition que ce circuit primaire fasse l'objet d'une des mesures de protection par coupure automatique de l'alimentation décrites à l'article 413.1; cela n'empêche pas la connexion d'un conducteur actif du circuit TBTF (FELV) au conducteur de protection du circuit primaire,
- soit par la connexion des masses des matériels du circuit TBTF (FELV) au conducteur d'équipotentialité, non relié à la terre, du circuit primaire lorsque, dans ce dernier, la mesure de protection par séparation électrique, selon l'article 413.5, est appliquée.

411.3.4 Prises de courant

Les prises de courant pour des circuits TBTF (FELV) doivent satisfaire aux prescriptions suivantes:

- les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans les socles alimentés sous d'autres tensions;
- les socles doivent empêcher l'introduction de fiches conçues pour d'autres tensions.

411.3 FELV system

411.3.1 General

Where, for functional reasons, a voltage within band I is used but all the requirements of clause 411.1 relating to SELV or PELV are not fulfilled, and where SELV or PELV is not necessary, the supplementary measures described in 411.3.2 and 411.3.3 shall be taken to ensure protection against both direct and indirect contact. This combination of measures is known as FELV.

NOTE – Such conditions may, for example, be encountered when the circuit contains equipment (such as transformers, relays, remote-control switches, contactors) insufficiently insulated with respect to circuits at higher voltage.

411.3.2 Protection against direct contact

Protection against direct contact shall be provided by either:

- barriers or enclosures in accordance with clause 412.2, or
- insulation corresponding to the minimum test voltage required for the primary circuit.

Where, however, the insulation of equipment which is part of a FELV circuit is not capable of withstanding the test voltage specified for the primary circuit, the insulation of accessible non-conductive parts of the equipment shall be reinforced during erection so that it can withstand a test voltage of 1 500 V a.c. r.m.s. for 1 min.

NOTE – The value of this voltage may be reviewed at a later date depending on the results of international standardization (at present being undertaken) in low voltage insulation co-ordination.

411.3.3 Protection against indirect contact

Protection against indirect contact shall be provided by either:

- connection of the exposed-conductive-parts of the equipment of the FELV circuit to the protective conductor of the primary circuit, provided that the latter is subject to one of the protective measures by automatic disconnection of supply described in clause 413.1; this does not preclude the connection of a live conductor of the FELV circuit to the protective conductor of the primary circuit; or,
- connection of the exposed-conductive-parts of the equipment of the FELV circuit to the non-earthed equipotential bonding conductor of the primary circuit where protection by electrical separation in accordance with clause 413.5 is applied to the primary circuit.

411.3.4 Plugs and socket-outlets

Plugs and socket-outlets for FELV systems shall comply with the following requirements:

- plugs shall not be able to enter socket-outlets of other voltage systems, and
- socket-outlets shall not admit plugs of other voltage systems.

412 Protection contre les contacts directs

412.1 Protection par isolation des parties actives

NOTE – L'isolation est destinée à empêcher tout contact avec des parties actives de l'installation électrique.

Les parties actives doivent être complètement recouvertes d'une isolation qui ne peut être enlevée que par destruction.

Pour les matériels fabriqués en usine, l'isolation doit être conforme aux prescriptions correspondantes relatives à ces matériels.

Pour les autres matériels, la protection doit être assurée par une isolation capable de supporter, d'une manière durable, les contraintes auxquelles elle peut être soumise, telles que des influences mécaniques, chimiques, électriques et thermiques. Les peintures, vernis, laques et produits analogues ne sont en général pas considérés comme constituant une isolation suffisante dans le cadre de la protection contre les contacts directs.

NOTE – Lorsque l'isolation est réalisée au cours de l'installation, la qualité de cette isolation doit être vérifiée par des essais analogues à ceux destinés à vérifier la qualité de l'isolation des matériels semblables fabriqués en usine.

412.2 Protection au moyen de barrières ou d'enveloppes

NOTE – Les barrières ou enveloppes sont destinées à empêcher tout contact avec les parties actives de l'installation électrique.

412.2.1 Les parties actives doivent être placées à l'intérieur d'enveloppes ou derrière des barrières possédant au moins le degré de protection IP2X; toutefois, si des ouvertures plus grandes se produisent pendant le remplacement de parties telles que certaines douilles, prises de courant ou fusibles, ou si des ouvertures plus grandes sont nécessaires pour permettre le bon fonctionnement des matériels conformément aux règles applicables à ces matériels:

- des précautions appropriées doivent être prises pour empêcher les personnes ou les animaux d'élevage de toucher accidentellement les parties actives, et
- on doit s'assurer que, dans la mesure du possible, les personnes sont conscientes du fait que les parties accessibles par l'ouverture sont des parties actives et ne doivent pas être touchées volontairement.

412.2.2 Les surfaces supérieures des barrières ou des enveloppes horizontales qui sont facilement accessibles doivent répondre au moins au degré de protection IP4X.

412.2.3 Les barrières et enveloppes doivent être fixées de façon sûre et être d'une robustesse et d'une durabilité suffisantes pour maintenir les degrés de protection requis avec une séparation suffisante des parties actives dans les conditions connues de service normal, en tenant compte des influences externes.

412.2.4 Lorsqu'il est nécessaire de supprimer les barrières, d'ouvrir les enveloppes ou d'enlever des parties d'enveloppes, cela ne doit être possible que:

- soit à l'aide d'une clé ou d'un outil,
- soit après mise hors tension des parties actives protégées par ces barrières ou ces enveloppes, la tension ne pouvant être rétablie qu'après remise en place des barrières ou des enveloppes,
- soit si une deuxième barrière possédant au moins le degré de protection IP2X est interposée, qui ne peut être enlevée qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil et qui empêche tout contact avec les parties actives.

412 Protection against electric shock in normal service (Protection against direct contact, or basic protection)

412.1 Protection by insulation of live parts

NOTE – The insulation is intended to prevent any contact with live parts.

Live parts shall be completely covered with insulation which can only be removed by destruction.

For factory-built equipment the insulation shall comply with the relevant standard for the electrical equipment.

For other equipment, protection shall be provided by insulation capable of durably withstanding the stresses to which it may be subjected in service, such as mechanical, chemical, electrical and thermal influences. Paints, varnishes, lacquers and similar products alone are generally not considered to provide adequate insulation for protection against electric shock in normal service.

NOTE – Where insulation is applied during the erection of the installation, the quality of the insulation should be confirmed by tests similar to those which ensure the quality of insulation of similar factory-built equipment.

412.2 Protection by barriers or enclosures

NOTE – Barriers or enclosures are intended to prevent any contact with live parts.

412.2.1 Live parts shall be inside enclosures or behind barriers providing at least the degree of protection IP2X except that, where larger openings occur during the replacement of parts, such as certain lampholders, socket outlets or fuses, or where larger openings are necessary to allow the proper functioning of equipment according to the relevant requirements for the equipment:

- suitable precautions shall be taken to prevent persons or livestock from unintentionally touching live parts, and
- it shall be ensured, as far as practicable, that persons will be aware that live parts can be touched through the opening and should not be touched intentionally.

412.2.2 Horizontal top surfaces of barriers or enclosures which are readily accessible shall provide a degree of protection of at least IP4X.

412.2.3 Barriers and enclosures shall be firmly secured in place and have sufficient stability and durability to maintain the required degrees of protection and appropriate separation from live parts in the known conditions of normal service, taking account of relevant external influences:

412.2.4 Where it is necessary to remove barriers or open enclosures or to remove parts of enclosures, this shall be possible only:

- by the use of a key or tool, or
- after disconnection of the supply to live parts against which the barriers or enclosures afford protection, restoration of the supply being possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures, or
- where an intermediate barrier providing a degree of protection of at least IP2X prevents contact with live parts, such a barrier being removable only by the use of a key or tool.

412.3 Protection au moyen d'obstacles

NOTE – Les obstacles sont destinés à empêcher les contacts fortuits avec les parties actives, mais non les contacts volontaires par une tentative délibérée de contournement de l'obstacle.

412.3.1 Les obstacles doivent empêcher:

- soit une approche physique non intentionnelle des parties actives,
- soit les contacts non intentionnels avec les parties actives lors d'interventions sur des matériels sous tension en cours d'exploitation.

412.3.2 Les obstacles peuvent être démontables sans l'aide d'un outil ou d'une clé; ils doivent cependant être fixés de manière à empêcher tout enlèvement involontaire.

412.4 Protection par mise hors de portée par éloignement

NOTE – La mise hors de portée par éloignement est seulement destinée à empêcher les contacts fortuits avec les parties actives.

412.4.1 Des parties simultanément accessibles se trouvant à des potentiels différents ne doivent pas se trouver à l'intérieur du volume d'accessibilité au toucher (en abrégé: volume d'accessibilité).

NOTE – Deux parties sont considérées comme simultanément accessibles si elles sont distantes de moins de 2,50 m (voir figure 41C).

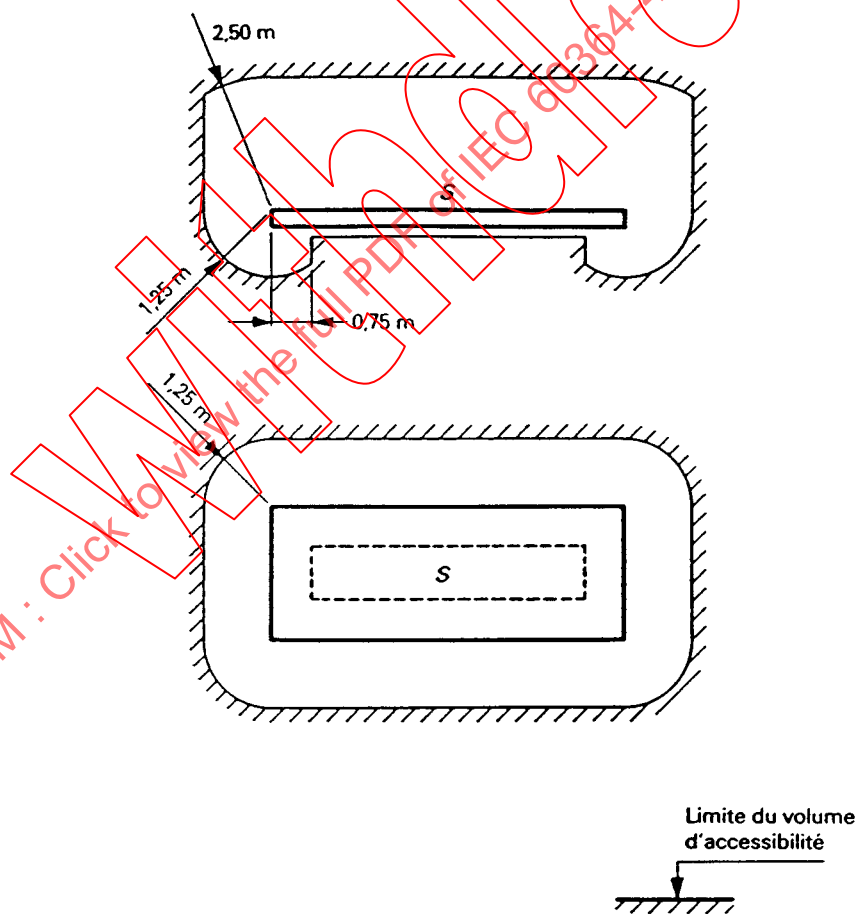


Figure 41C – Volume d'accessibilité

412.3 Protection by obstacles

NOTE – Obstacles are intended to prevent unintentional contact with live parts but not intentional contact by deliberate circumvention of the obstacle.

412.3.1 Obstacles shall prevent either:

- unintentional bodily approach to live parts, or
- unintentional contact with live parts during the operation of live equipment in normal service.

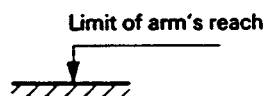
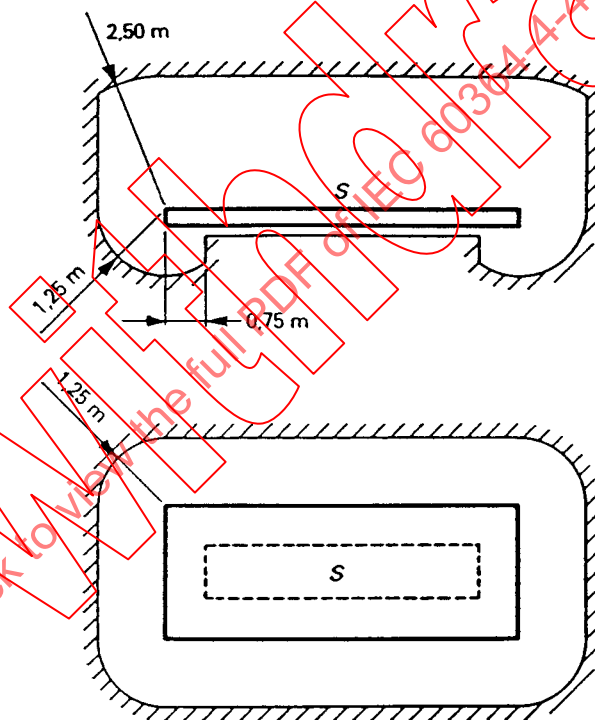
412.3.2 Obstacles may be removed without using a key or tool but shall be so secured as to prevent unintentional removal.

412.4 Protection by placing out of reach

NOTE – Protection by placing out of reach is intended only to prevent unintentional contact with live parts.

412.4.1 Simultaneously accessible parts at different potentials shall not be within arm's reach.

NOTE – Two parts are deemed to be simultaneously accessible if they are not more than 2,50 m apart (see figure 41C).



267/81

Figure 41C – Zone of arm's reach

412.4.2 Lorsque l'espace dans lequel se tiennent et circulent normalement des personnes est limité dans une direction horizontale par un obstacle (par exemple listeau de protection, rambarde, panneau grillagé) présentant un degré de protection inférieur à IP2X, le volume d'accessibilité commence à partir de cet obstacle. En direction verticale, le volume d'accessibilité est limité à 2,50 m à partir de la surface *S* sur laquelle se tiennent ou circulent des personnes, sans tenir compte d'obstacles intermédiaires présentant un degré de protection inférieur à IP2X.

NOTE – Les distances du volume d'accessibilité supposent un contact directement avec les mains nues sans intermédiaire (par exemple outil ou échelle).

412.4.3 Dans les emplacements où des objets conducteurs de grande longueur ou volumineux sont couramment manipulés, les distances prescrites en 412.4.1 et 412.4.2 doivent être augmentées en tenant compte des dimensions de ces objets.

412.5 Protection complémentaire par dispositifs à courant différentiel-résiduel

NOTE – Cette mesure de protection est seulement destinée à compléter d'autres mesures de protection contre les contacts directs.

412.5.1 L'emploi de dispositifs à courant différentiel-résiduel, dont la valeur du courant différentiel nominal de fonctionnement est inférieure ou égale à 30 mA, est reconnu comme mesure de protection complémentaire en cas de défaillance d'autres mesures de protection contre les contacts ou en cas d'imprudence des usagers.

412.5.2 L'utilisation de tels dispositifs n'est pas reconnue comme constituant en soi une mesure de protection complète et ne dispense nullement de l'emploi d'une des mesures de protection énoncées aux articles 412.1 à 412.4.

413 Protection contre les contacts indirects

413.1 Protection par coupure automatique de l'alimentation

NOTE 1 – La coupure automatique de l'alimentation est prescrite lorsqu'un risque d'effet pathophysiologique dangereux sur une personne peut se produire, en cas de défaut, en raison de la valeur et de la durée de la tension de contact (voir CEI 60479. Effets du courant passant par le corps humain).

NOTE 2 – Cette mesure de protection nécessite la coordination entre les schémas des liaisons à la terre et les caractéristiques des conducteurs de protection et des dispositifs de protection.

Des explications sur l'établissement des prescriptions de cette mesure de protection ainsi que des courbes de référence tirées de la CEI 60479 seront fournies dans le Rapport Technique de la CEI (type 3) "Mesures de protection contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation" (à l'étude).

NOTE 3 – Des prescriptions complémentaires pour le courant continu sont à l'étude.

413.1.1 Généralités

NOTE – Des moyens conventionnels permettant de satisfaire aux règles de 413.1.1.1 et 413.1.1.2 sont fournis en 413.1.3 à 413.1.5 suivant le schéma des liaisons à la terre.

413.1.1.1 Coupure de l'alimentation

Un dispositif de protection doit séparer automatiquement de l'alimentation le circuit ou le matériel protégé contre les contacts indirects par ce dispositif de telle façon que, à la suite d'un défaut entre une partie active et une masse dans le circuit ou le matériel, une tension de contact présumée supérieure à 50 V valeur efficace en courant alternatif ou à 120 V en courant continu lisse ne puisse se maintenir pendant un temps suffisant pour créer un risque d'effet physiopathologique dangereux sur une personne en contact avec des parties conductrices simultanément accessibles.

412.4.2 If a normally occupied position is restricted in the horizontal direction by an obstacle (e.g. handrail, mesh screen) affording a degree of protection less than IP2X, arm's reach shall extend from that obstacle. In the overhead direction, arm's reach is 2,50 m from the surface *S* not taking into account any intermediate obstacle providing a degree of protection less than IP2X.

NOTE – The values of arm's reach apply to contact directly with bare hands without assistance (e.g. tools or ladder).

412.4.3 In places where bulky or long conductive objects are normally handled, the distances required by 412.4.1 and 412.4.2 shall be increased taking account of the relevant dimensions of those objects.

412.5 Additional protection by residual current devices

NOTE – The use of residual current devices is intended only to augment other measures for protection against electric shock in normal service.

412.5.1 The use of residual current devices, with a rated operating residual current not exceeding 30 mA, is recognized as additional protection against electric shock in normal service in case of failure of other protective measures or carelessness by users.

412.5.2 The use of such devices is not recognized as a sole means of protection and does not obviate the need to apply one of the protective measures specified in clauses 412.1 to 412.4.

413 Protection against indirect contact

413.1 Protection by automatic disconnection of supply

NOTE 1 – Automatic disconnection of supply is required where a risk of harmful pathophysiological effects in a person could arise, when a fault occurs, due to the value and duration of the touch voltage (see IEC 60479: Effects of current passing through the human body).

NOTE 2 – This protective measure necessitates co-ordination of the type of system earthing and the characteristics of protective conductors and protective devices.

An explanation of the derivation of the requirements of this protective measure as well as reference curves derived from IEC 60479 will be provided in an IEC Technical Report (type 3) "Measures against indirect contact by automatic disconnection of the supply" (under consideration).

NOTE 3 – Further requirements for d.c. systems are under consideration.

413.1.1 General

NOTE – Conventional means of compliance with 413.1.1.1 and 413.1.1.2 are given in sub-clauses 413.1.3 to 413.1.5, according to the type of system earthing.

413.1.1.1 Disconnection of supply

A protective device shall automatically disconnect the supply to the circuit or equipment for which the device provides protection against indirect contact so that, in the event of a fault between a live part and an exposed-conductive-part or a protective conductor in the circuit or equipment, a prospective touch voltage exceeding 50 V a.c. r.m.s. or 120 V ripple-free d.c. does not persist for a time sufficient to cause a risk of harmful physiological effect in a person in contact with simultaneously accessible conductive parts.

Sans tenir compte de la valeur de la tension de contact, un temps de coupure non supérieur à 5 s est admis dans certaines circonstances suivant le schéma des liaisons à la terre (voir 413.1.3.5).

NOTE 1 – Des valeurs de temps de coupure et de tension supérieures à celles prescrites dans ce paragraphe peuvent être admises dans des installations de production et de distribution d'énergie électrique.

NOTE 2 – Des valeurs de temps de coupure et de tension inférieures peuvent être prescrites pour des installations ou des locaux particuliers conformément aux sections correspondantes de la partie 7: Règles pour les installations et emplacements spéciaux, et à l'article 413.3.

NOTE 3 – Dans le schéma IT, la coupure automatique n'est pas prescrite en général lors d'un premier défaut (voir 413.1.5).

NOTE 4 – Les prescriptions de cet article sont valables pour des installations alimentées à des fréquences comprises entre 15 Hz et 1 000 Hz et pour un courant continu lisse.

NOTE 5 – Le terme "lisse" est conventionnellement défini par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % en valeur efficace; pour une tension continue lisse de 120 V, la valeur maximale de crête n'est pas supérieure à 140 V.

413.1.1.2 Mises à la terre

Les masses doivent être reliées à des conducteurs de protection dans des conditions spécifiques à chaque schéma de liaisons à la terre.

Des masses simultanément accessibles doivent être reliées au même système de mise à la terre individuellement, par groupes ou ensemble.

NOTE – Pour les dispositions de mise à la terre et les conducteurs de protection, voir le chapitre 54 (CEI 60364-5-54 (1980): Installations électriques des bâtiments. Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs de protection).

413.1.2 Liaisons équipotentielles

413.1.2.1 Liaison équipotentielle principale

Dans chaque bâtiment les éléments conducteurs suivants doivent être connectés à la liaison équipotentielle principale:

- conducteur principal de protection;
- conducteur principal de terre ou borne principale de terre;
- canalisation d'alimentation à l'intérieur du bâtiment, par exemple eau, gaz;
- éléments métalliques de la construction, canalisations de chauffage central et de conditionnement d'air, s'il y a lieu.

Lorsque de tels éléments conducteurs proviennent de l'extérieur du bâtiment, ils doivent être reliés aussi près que possible de leur point d'entrée dans le bâtiment.

Les conducteurs de la liaison équipotentielle principale doivent satisfaire aux prescriptions du chapitre 54.

La liaison équipotentielle principale doit intéresser les gaines métalliques des câbles de télécommunication. Toutefois l'autorisation des propriétaires ou des utilisateurs de ces câbles doit être obtenue.

413.1.2.2 Liaison équipotentielle supplémentaire

Si les conditions de protection définies en 413.1.1.1 ne peuvent être respectées dans une installation ou une partie d'installation, il faut réaliser une liaison locale dite liaison équipotentielle supplémentaire (voir 413.1.6).

NOTE 1 – L'utilisation de liaisons équipotentielles supplémentaires ne dispense pas de la nécessité de coupure de l'alimentation pour d'autres raisons, telles que protection contre l'incendie, contraintes thermiques des matériels, etc.

Irrespective of the touch voltage, a disconnecting time not exceeding 5 s is permitted under certain circumstances depending on the type of system earthing (see 413.1.3.5).

NOTE 1 – Higher values of disconnecting time and voltage than those required in this sub-clause may be admitted in systems for electric power generation and distribution.

NOTE 2 – Lower values of disconnecting time and voltage may be required for special installations or locations according to the relevant sections of Part 7: Requirements for special installations or locations, and clause 413.3.

NOTE 3 – For IT systems, automatic disconnection is not usually required on the occurrence of a first fault (see 413.1.5).

NOTE 4 – The requirements of this clause are applicable to supplies between 15 Hz and 1 000 Hz a.c. and ripple-free d.c.

NOTE 5 – The term "ripple-free" is conventionally defined as having a ripple content of not more than 10 % r.m.s.; for 120 ripple-free d.c. the maximum peak value does not exceed 140 V.

413.1.1.2 Earthing

Exposed-conductive-parts shall be connected to a protective conductor under the specific conditions for each type of system earthing.

Simultaneously accessible exposed-conductive-parts shall be connected to the same earthing system individually, in groups or collectively.

NOTE – For earthing arrangements and protective conductors see Chapter 54 (IEC 60364-5-54 (1980): Electrical installations of buildings – Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors).

413.1.2 Equipotential bonding

413.1.2.1 Main equipotential bonding

In each building the following conductive parts shall be connected to the main equipotential bonding:

- main protective conductor;
- main earthing conductor or main earthing terminal;
- pipes supplying services within the building, e.g. gas, water;
- structural metallic parts, central heating and air-conditioning systems, if applicable.

Such conductive parts originating outside the building shall be bonded as close as practicable to their point of entry within the building.

Main equipotential conductors shall comply with Chapter 54.

The main equipotential bonding shall be made to any metallic sheath of telecommunication cables. However, the consent of the owners or operators of these cables shall be obtained.

413.1.2.2 Supplementary equipotential bonding

If the conditions for automatic disconnection stated in 413.1.1.1 cannot be fulfilled in an installation or part of an installation, a local bonding known as supplementary equipotential bonding (see 413.1.6) shall be applied.

NOTE 1 – The use of supplementary equipotential bonding does not exclude the need to disconnect the supply for other reasons, for example protection against fire, thermal stresses in equipment, etc.

NOTE 2 – Cette liaison équipotentielle supplémentaire peut intéresser toute l'installation, une partie de celle-ci, un appareil ou un emplacement.

NOTE 3 – Des prescriptions supplémentaires peuvent être nécessaires pour des emplacements spéciaux, voir partie 7.

413.1.3 Schéma TN

413.1.3.1 Toutes les masses de l'installation doivent être reliées au point de l'alimentation mis à la terre par des conducteurs de protection qui doivent être mis à la terre à proximité de chaque transformateur d'alimentation ou de chaque génératrice.

Le point de l'alimentation mis à la terre est généralement le point neutre. Si un point neutre n'est pas disponible, ou n'est pas accessible, un conducteur de phase doit être mis à la terre. En aucun cas le conducteur de phase ne doit servir de conducteur PEN (voir 413.1.3.2).

NOTE 1 – S'il existe des possibilités efficaces de mise à la terre, il est recommandé d'y relier le conducteur de protection en autant de points que possible. Une mise à la terre multiple, en des points régulièrement répartis, peut être nécessaire pour s'assurer que le potentiel du conducteur de protection demeure, en cas de défaut, aussi proche que possible de celui de la terre.

Dans de grands bâtiments, tels que des immeubles de grande hauteur, des mises à la terre additionnelles des conducteurs de protection ne sont pas possibles pour des raisons pratiques. Des liaisons équipotentielles entre conducteurs de protection et éléments conducteurs ont, toutefois, une fonction similaire dans de tels cas.

NOTE 2 – Pour la même raison, il est recommandé de relier les conducteurs de protection à la terre à leur point d'entrée d'un bâtiment ou établissement.

413.1.3.2 Dans les installations fixes, un seul conducteur peut être utilisé à la fois comme conducteur de protection et comme conducteur neutre (conducteur PEN), sous réserve que les prescriptions de l'article 546.2 soient respectées.

413.1.3.3 Les caractéristiques des dispositifs de protection (voir 413.1.3.8) et les impédances des circuits doivent être telles que, s'il se produit en un point quelconque un défaut d'impédance négligeable entre un conducteur de phase et le conducteur de protection ou une masse, la coupure automatique soit effectuée dans un temps au plus égal à la valeur spécifiée, la condition suivante satisfaisant à cette prescription:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

où

Z_s est l'impédance de la boucle de défaut comprenant la source, le conducteur actif jusqu'au point de défaut et le conducteur de protection entre le point de défaut et la source

I_a est le courant assurant le fonctionnement du dispositif de coupure automatique dans le temps défini par le tableau 41A en fonction de la tension nominale U_0 , ou, dans les conditions définies en 413.1.3.5, dans un temps conventionnel non supérieur à 5 s

U_0 est la tension nominale entre phase et terre, valeur efficace en courant alternatif

Tableau 41A – Temps de coupure maximaux dans le schéma TN

U_0 * V	Temps de coupure s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1
* Ces valeurs sont basées sur la CEI 60038(1983): Tensions normales de la CEI.	

NOTE 2 – Supplementary equipotential bonding may involve the entire installation, a part of the installation, an item of apparatus, or a location.

NOTE 3 – Additional requirements may be necessary for special locations, see Part 7.

413.1.3 TN systems

413.1.3.1 All exposed conductive parts of the installation shall be connected to the earthed point of the power system by protective conductors which shall be earthed at or near each relevant transformer or generator.

Generally the earthed point of the power system will be the neutral point. If a neutral point is not available or not accessible, a phase conductor shall be earthed. In no case shall the phase conductor serve as a PEN conductor (see 413.1.3.2).

NOTE 1 – If other effective earth connections exist it is recommended that the protective conductors also be connected to such points wherever possible. Earthing at additional points, distributed as evenly as possible, may be necessary to ensure that the potentials of protective conductors remain, in case of a fault, as near as possible to that of earth.

In large buildings such as high rise buildings, additional earthing of protective conductors is not possible for practical reasons. Equipotential bonding between protective conductors and extraneous conductive parts has, however, a similar function in this case.

NOTE 2 – For the same reason, it is recommended that protective conductors should be earthed where they enter any buildings or premises.

413.1.3.2 In fixed installations a single conductor may serve both as a protective conductor and neutral conductor (PEN conductor) provided that the requirements of clause 546.2 are satisfied.

413.1.3.3 The characteristics of protective devices (see 413.1.3.8) and the circuit impedances shall be such that, if a fault of negligible impedance occurs anywhere in the installation between a phase conductor and a protective conductor or exposed conductive part, automatic disconnection of the supply will occur within the specified time, the following condition fulfilling this requirement:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

where

Z_s is the impedance of the fault loop comprising the source, the live conductor up to the point of the fault and the protective conductor between the point of the fault and the source

I_a is the current causing the automatic operation of the disconnecting protective device within the time stated in Table 41A as a function of the nominal voltage U_0 or, under the condition stated in 413.1.3.5, within a conventional time not exceeding 5 s

U_0 is the nominal a.c. r.m.s. voltage to earth

Table 41A – Maximum disconnecting times for TN systems

U_0 * V	Disconnecting time s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1
* Values based on IEC 60038(1983): IEC standard voltages	

NOTE 1 – Pour les tensions qui sont dans les limites de tolérances définies dans la CEI 60038, les temps de coupure correspondant aux tensions nominales sont applicables.

NOTE 2 – Pour des valeurs intermédiaires de tension, la valeur immédiatement supérieure donnée dans le tableau ci-dessus doit être utilisée.

413.1.3.4 Les temps de coupure maximaux indiqués dans le tableau 41A sont réputés satisfaire à la prescription de 413.1.1.1 pour les circuits terminaux qui alimentent, par des prises de courant ou directement sans prise de courant, des matériels mobiles ou portatifs de classe I.

413.1.3.5 Un temps de coupure conventionnel non supérieur à 5 s est admis pour les circuits de distribution.

Un temps de coupure supérieur au temps prescrit par le tableau 41A mais non supérieur à 5 s est admis pour un circuit terminal alimentant uniquement des matériels fixes, à condition que, si d'autres circuits terminaux pour lesquels le temps de coupure du tableau 41A est prescrit sont reliés au tableau de distribution ou au circuit de distribution alimentant ce circuit terminal, l'une des conditions suivantes soit satisfaite:

- a) l'impédance du conducteur de protection entre le tableau de distribution et le point de connexion du conducteur de protection à la liaison équipotentielle principale ne soit pas supérieure à:

$$\frac{50}{U_0} Z_s (\Omega)$$

ou

- b) une liaison équipotentielle relie au tableau de distribution les mêmes types d'éléments conducteurs que la liaison équipotentielle principale et satisfait aux prescriptions de 413.1.2.1 concernant la liaison équipotentielle principale.

413.1.3.6 Si les conditions de 413.1.3.3, 413.1.3.4 et 413.1.3.5 ne peuvent être respectées avec des dispositifs de protection contre les surintensités, une liaison équipotentielle supplémentaire conforme à 413.1.2.2 doit être réalisée. En variante, la protection doit être assurée par des dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel.

413.1.3.7 Dans des cas exceptionnels où un défaut peut se produire entre un conducteur de phase et la terre, par exemple dans des lignes aériennes, la condition suivante doit être remplie afin que le conducteur de protection et les masses qui lui sont reliées ne puissent présenter une tension par rapport à la terre supérieure par convention à 50 V:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_0 - 50}$$

où

R_B est la résistance globale des mises à la terre en parallèle

R_E est la résistance minimale de contact à la terre des éléments conducteurs non reliés au conducteur de protection, par lesquels peut se produire un défaut entre phase et terre

U_0 est la tension nominale par rapport à la terre, valeur efficace en courant alternatif

413.1.3.8 Dans le schéma TN les dispositifs de protection suivants peuvent être utilisés:

- dispositifs de protection contre les surintensités;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel;

NOTE 1 – For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 60038, the disconnecting time appropriate to the nominal voltage applies.

NOTE 2 – For intermediate values of voltage, the next higher value in the above table is to be used.

413.1.3.4 The maximum disconnecting times stated in Table 41A are deemed to satisfy 413.1.1.1 for final circuits which supply, through socket-outlets or directly without socket-outlets, Class I hand-held equipment or portable equipment.

413.1.3.5 A conventional disconnecting time not exceeding 5 s is permitted for distribution circuits.

A disconnecting time exceeding that required by Table 41A but not exceeding 5 s is permitted for a final circuit supplying stationary equipment only, provided that, where other final circuits which require disconnecting times according to Table 41A are connected to the distribution board or distribution circuit supplying that final circuit, one of the following conditions is fulfilled:

- a) the impedance of the protective conductor between the distribution board and the point at which the protective conductor is connected to the main equipotential bonding does not exceed:

$$\frac{50}{U_0} Z_s (\Omega)$$

or

- b) there is equipotential bonding at the distribution board which involves the same types of extraneous-conductive-parts as the main equipotential bonding and which complies with the requirements for main equipotential bonding in 413.1.2.1.

413.1.3.6 If the conditions of 413.1.3.3, 413.1.3.4 and 413.1.3.5 cannot be fulfilled by using overcurrent protective devices, supplementary equipotential bonding in accordance with 413.1.2.2 shall be applied. Alternatively, protection shall be provided by means of a residual current protective device.

413.1.3.7 In exceptional cases where a fault may occur between a phase conductor and earth, for example in the use of overhead lines, the following condition shall be fulfilled in order that the protective conductor and the exposed-conductive-parts connected to it do not reach a voltage to earth exceeding a conventional value of 50 V:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_0 - 50}$$

where

R_B is the earth electrode resistance of all earth electrodes in parallel

R_E is the minimum contact resistance with earth of extraneous-conductive-parts not connected to a protective conductor, through which a fault between phase and earth may occur

U_0 is the nominal a.c. r.m.s. voltage to earth

413.1.3.8 In TN systems, use of the following protective devices is recognized:

- overcurrent protective devices;
- residual current protective devices;

sous réserve que:

- un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ne doit pas être utilisé dans le schéma TN-C;
- lorsqu'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel est utilisé dans un schéma TN-C-S, un conducteur PEN ne doit pas être utilisé en aval. La liaison du conducteur de protection au conducteur PEN doit être effectuée en amont du dispositif de protection à courant différentiel-résiduel.

413.1.4 Schéma TT

413.1.4.1 Toutes les masses protégées par un même dispositif de protection doivent être connectées aux conducteurs de protection et reliées à une même prise de terre. Si plusieurs dispositifs de protection sont montés en série, cette prescription s'applique séparément à toutes les masses protégées par le même dispositif.

Le point neutre ou, s'il n'existe pas, un conducteur de phase de chaque transformateur ou génératrice doit être mis à la terre.

413.1.4.2 La condition suivante doit être satisfaite:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

où

R_A est la somme des résistances de la prise de terre et des conducteurs de protection des masses

I_a est le courant assurant le fonctionnement automatique du dispositif de protection.

Lorsque le dispositif de protection est un dispositif à courant différentiel-résiduel, I_a est le courant différentiel-résiduel nominal $I_{\Delta n}$.

Dans un but de sélectivité, les dispositifs à courant différentiel-résiduel du type S* peuvent être utilisés en série avec des dispositifs à courant différentiel-résiduel du type général. Afin d'assurer la sélectivité avec des dispositifs à courant différentiel-résiduel du type S, un temps de fonctionnement au plus égal à 1 s est admis dans les circuits de distribution.

Lorsque le dispositif de protection est un dispositif de protection contre les surintensités, il doit être:

- soit un dispositif ayant une caractéristique de fonctionnement à temps inverse et I_a doit être le courant assurant le fonctionnement automatique en 5 s au plus,
- soit un dispositif ayant une caractéristique de fonctionnement instantané et I_a doit être le courant minimal assurant le fonctionnement instantané.

413.1.4.3 Si la condition de 413.1.4.2 ne peut être respectée, une liaison équipotentielle supplémentaire conforme à 413.1.2.2 et 413.1.6 doit être réalisée.

* Voir CEI 61008-1 (1990): *Interrupteurs automatiques à courant-différentiel résiduel pour usages domestiques et analogues sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé (ID)* – Partie 1: Règles générales, et CEI 61009-1 (1991): *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec protection contre les surintensités incorporée pour installations domestiques et analogues (DD)* – Partie 1: Règles générales.

except that:

- a residual current protective device shall not be used in TN-C systems;
- where a residual current protective device is used in a TN-C-S system a PEN conductor shall not be used on the load side. The connection of the protective conductor to the PEN conductor shall be made on the source side of the residual current protective device.

413.1.4 TT systems

413.1.4.1 All exposed-conductive-parts collectively protected by the same protective device shall be connected, together with the protective conductors, to an earth electrode common to all those parts. Where several protective devices are utilized in series, this requirement applies separately to all the exposed-conductive-parts protected by each device.

The neutral point or, if it does not exist, a phase conductor of each generator station or transformer station shall be earthed.

413.1.4.2 The following condition shall be fulfilled:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

where

R_A is the sum of the resistance of the earth electrode and the protective conductor for the exposed-conductive-parts

I_a is the current causing the automatic operation of the protective device.

When the protective device is a residual current protective device, I_a is the rated residual operating current $I_{\Delta n}$.

For the purpose of discrimination, S-type residual current protective devices* may be used in series with general type residual current protective devices. To provide discrimination with S-type residual current protective devices, an operating time not exceeding 1 s is permitted in distribution circuits.

When the protective device is an overcurrent protective device, it shall be either:

- a device with an inverse time characteristic and I_a shall be the current causing automatic operation within 5 s, or
- a device with an instantaneous tripping characteristic and I_a shall be the minimum current causing instantaneous tripping.

413.1.4.3 If the condition of 413.1.4.2 cannot be fulfilled, supplementary equipotential bonding in accordance with 413.1.2.2 and 413.1.6 shall be applied.

* See IEC 61008-1 (1990): *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) – Part 1: General rules*, and IEC 61009-1 (1991): *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) – Part 1: General rules*.

413.1.4.4 Dans le schéma TT, les dispositifs de protection suivants sont utilisés:

- des dispositifs à courant différentiel-résiduel;
- des dispositifs de protection contre les surintensités.

NOTE 1 – Les dispositifs de protection contre les surintensités ne sont utilisables pour la protection contre les contacts indirects dans le schéma TT que si les résistances R_A des prises de terre sont très faibles.

NOTE 2 – L'utilisation de dispositifs de protection à tension de défaut n'est pas exclue pour des applications spéciales lorsque les dispositifs de protection cités ci-dessus ne peuvent pas être utilisés.

413.1.5 Schéma IT

413.1.5.1 Dans le schéma IT, l'installation doit être isolée de la terre ou reliée à la terre à travers une impédance de valeur suffisamment élevée. Cette liaison s'effectue soit au point neutre de l'installation, soit à un point neutre artificiel qui peut être relié directement à la terre si l'impédance homopolaire correspondante a une valeur suffisante. Lorsque aucun point neutre n'existe, un conducteur de phase peut être relié à la terre à travers une impédance.

En cas d'un seul défaut à la masse ou à la terre, le courant de défaut est faible et la coupure n'est pas impérative si la condition de 413.1.5.3 est satisfaite. Toutefois, des mesures doivent être prises pour éviter un risque d'effet pathophysiologique dangereux pour une personne en contact avec des parties conductrices simultanément accessibles en cas de deux défauts simultanés.

413.1.5.2 Aucun conducteur actif ne doit être directement relié à la terre dans l'installation.

NOTE – Afin de réduire les surtensions et d'amortir les oscillations, la mise à la terre par l'intermédiaire d'impédance ou de points neutres artificiels peut être nécessaire; il convient que leurs caractéristiques soient appropriées à celles de l'installation.

413.1.5.3 Les masses doivent être reliées à la terre, soit individuellement, soit par groupes ou ensemble.

NOTE – Dans de grands bâtiments, tels que des immeubles de grande hauteur, les mises à la terre des conducteurs de protection ne sont pas possibles pour des raisons pratiques. La mise à la terre des masses peut être réalisée par des liaisons entre les conducteurs de protection, les masses et les éléments conducteurs.

La condition suivante doit être remplie:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

où

R_A est la résistance de mise à la terre des masses

I_d est le courant de défaut en cas de premier défaut franc de faible impédance entre un conducteur de phase et une masse. La valeur de I_d tient compte des courants de fuite et de l'impédance globale de mise à la terre de l'installation électrique.

413.1.5.4 Si un schéma IT est réalisé pour des raisons de continuité de l'alimentation, un contrôleur d'isolement doit être prévu pour indiquer l'apparition d'un premier défaut d'une partie active à la masse ou à la terre. Ce dispositif doit actionner un signal sonore et/ou visuel.

Si les deux indications, sonores et visuelles sont présentes il est permis d'annuler le signal sonore mais l'alarme visuelle doit subsister tant que le défaut persiste.

NOTE – Il est recommandé d'éliminer un premier défaut dans un délai aussi court que possible.

413.1.4.4 In TT systems, use of the following devices is recognized:

- residual current protective devices;
- overcurrent protective devices.

NOTE 1 – Overcurrent protective devices are only applicable for protection against indirect contact in TT systems where a very low value of R_A exists.

NOTE 2 – The use of fault-voltage operated protective devices is not excluded for special applications where the above-mentioned protective devices cannot be used.

413.1.5 IT systems

413.1.5.1 In IT systems the installation shall be insulated from earth or connected to earth through a sufficiently high impedance. This connection may be made either at the neutral point of the system or at an artificial neutral point. The latter may be connected directly to earth if the resulting zero-sequence impedance is sufficiently high. Where no neutral point exists a phase conductor may be connected to earth through an impedance.

The fault current is then low in the event of a single fault to an exposed-conductive-part or to earth and disconnection is not imperative provided the condition in 413.1.5.3 is fulfilled. Measures shall be taken, however, to avoid risk of harmful pathophysiological effects on a person in contact with simultaneously accessible conductive parts in the event of two faults existing simultaneously.

413.1.5.2 No live conductor of the installation shall be directly connected to earth.

NOTE – To reduce overvoltage or to damp voltage oscillation, it may be necessary to provide earthing through impedances or artificial neutral points, and the characteristics of these should be appropriate to the requirements of the installation.

413.1.5.3 Exposed-conductive-parts shall be earthed individually, in groups, or collectively.

NOTE – In large buildings, such as high rise buildings, the direct connection of protective conductors to an earth electrode is not possible for practical reasons. Earthing of exposed-conductive-parts may be achieved by bonding between protective conductors, exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts.

The following condition shall be fulfilled:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

where

R_A is the resistance of the earth electrode for exposed-conductive-parts

I_d is the fault current of the first fault of negligible impedance between a phase conductor and an exposed conductive part. The value of I_d takes account of leakage currents and the total earthing impedance of the electrical installation.

413.1.5.4 In cases where an IT system is used for reasons of continuity of supply, an insulation monitoring device shall be provided to indicate the occurrence of a first fault from a live part to exposed conductive parts or to the earth. This device shall initiate an audible and/or visual signal.

If there are both audible and visible signals, it is permissible for the audible signal to be cancelled, but the visual alarm shall continue as long as the fault persists.

NOTE – It is recommended that a first fault be eliminated with the shortest practicable delay.

413.1.5.5 Après l'apparition d'un premier défaut, les conditions de coupure de l'alimentation au deuxième défaut doivent être comme suit, selon que toutes les masses sont interconnectées par un conducteur de protection (mises à la terre collectivement) ou qu'elles sont mises à la terre en groupes ou individuellement.

- Lorsque des masses sont mises à la terre par groupes ou individuellement, les conditions de protection sont celles de 413.1.4 comme pour le schéma TT, à l'exception du deuxième alinéa de 413.1.4.1 qui ne s'applique pas.
- Lorsque les masses sont interconnectées par un conducteur de protection, collectivement mises à la terre, les conditions du schéma TN s'appliquent comme indiqué en 413.1.5.6.

413.1.5.6 La condition suivante doit être satisfaite lorsque le neutre n'est pas distribué:

$$Z_s = \frac{\sqrt{3} \times U_0}{2 I_a}$$

ou, lorsque le neutre est distribué:

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2 I_a}$$

où

U_0 est la tension nominale entre phase et neutre, valeur efficace en courant alternatif

U est la tension entre phases, valeur efficace en courant alternatif

Z_s est l'impédance de la boucle de défaut constituée du conducteur de phase et du conducteur de protection du circuit

Z'_s est l'impédance de la boucle de défaut constituée du conducteur neutre et du conducteur de protection du circuit

I_a est le courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps t prescrit dans le tableau 41B, selon le cas, ou en 5 s au plus pour tous les autres circuits lorsque ce temps est admis (voir 413.1.3.5).

Tableau 41B – Temps de coupure maximaux dans le schéma IT (deuxième défaut)

Tension nominale U_0/U V	Temps de coupure s	
	Neutre non distribué	Neutre distribué
120-240	0,8	5
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1 000	0,1	0,2
NOTE 1 – Pour les tensions qui sont dans les limites de tolérances définies dans la CEI 60038, les temps de coupure correspondant aux tensions nominales sont applicables.		
NOTE 2 – Pour les valeurs intermédiaires de tension, la valeur immédiatement supérieure du tableau doit être utilisée.		

413.1.5.7 Dans le schéma IT, les dispositifs de contrôle et de protection suivants peuvent être utilisés:

- contrôleurs d'isolement;
- dispositifs de protection contre les surintensités;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel.

413.1.5.5 After the occurrence of a first fault, conditions for disconnection of supply in the event of a second fault shall be as follows whether all exposed-conductive-parts are interconnected by a protective conductor (collectively earthed) or are earthed in groups or individually.

- a) Where exposed-conductive-parts are earthed in groups or individually, conditions for protection are given in 413.1.4 as for TT systems, except that the second paragraph of 413.1.4.1 does not apply.
- b) Where exposed-conductive-parts are interconnected by a protective conductor collectively earthed, the conditions of a TN system apply subject to 413.1.5.6.

413.1.5.6 The following conditions shall be fulfilled where the neutral is not distributed:

$$Z_s = \frac{\sqrt{3} \times U_0}{2 I_a}$$

or where the neutral is distributed:

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2 I_a}$$

where

U_0 is the nominal a.c. r.m.s. voltage between phase and neutral

U is the nominal a.c. r.m.s. voltage between phases

Z_s is the impedance of the fault loop comprising the phase conductor and the protective conductor of the circuit

Z'_s is the impedance of the fault loop comprising the neutral conductor and the protective conductor of the circuit

I_a is the operating current of the protection device in the disconnecting time t specified in Table 41B when applicable, or within 5 s for all other circuits when this time is allowed (see 413.1.3.5).

Table 41B – Maximum disconnecting time in IT systems (second fault)

Installation nominal voltage U_0/U V	Disconnecting time s	
	Neutral not distributed	Neutral distributed
120/240	0,8	5
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1 000	0,1	0,2
NOTE 1 – For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 60038, the disconnecting time appropriate to the nominal voltage applies.		
NOTE 2 – For intermediate values of voltage, the next higher value in the table is to be used.		

413.1.5.7 In IT systems, use of the following monitoring and protective devices is recognized:

- insulation monitoring devices;
- overcurrent protective devices;
- residual current protective devices.

413.1.6 Liaison équipotentielle supplémentaire

413.1.6.1 La liaison équipotentielle supplémentaire doit comprendre tous les éléments conducteurs simultanément accessibles, qu'il s'agisse des masses des matériels fixes ou des éléments conducteurs, y compris, dans la mesure du possible, les armatures principales du béton armé utilisées dans la construction des bâtiments. A ce système équipotentiel doivent être reliés les conducteurs de protection de tous les matériels, y compris ceux des prises de courant.

413.1.6.2 En cas de doute sur l'efficacité de la liaison équipotentielle supplémentaire, elle doit être vérifiée en s'assurant que la résistance R entre toute masse considérée et tout élément conducteur simultanément accessible remplit la condition suivante:

$$R \leq \frac{50}{I_a}$$

où

I_a est le courant de fonctionnement du dispositif de protection, soit:

- $I_{\Delta n}$ pour les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel
- le courant de fonctionnement en 5 s pour les dispositifs de protection contre les surintensités.

413.2 Protection par emploi de matériels de la classe II ou par isolation équivalente

NOTE – Cette mesure est prévue pour empêcher l'apparition de tensions dangereuses sur les parties accessibles des matériels électriques lors d'un défaut de l'isolation principale.

413.2.1 La protection doit être assurée par l'utilisation:

413.2.1.1 de matériels électriques des types suivants ayant subi les essais de type et ayant été repérés selon les règles qui leur sont applicables:

- matériels ayant une isolation double ou renforcée (matériels de la classe II);
- ensembles de matériels électriques construits en usine et possédant une isolation totale*.

NOTE – Ces matériels sont marqués du symbole .

413.2.1.2 d'une isolation supplémentaire recouvrant les matériels électriques possédant seulement une isolation principale et montée au cours de l'installation électrique; elle assure une sécurité équivalente à celle des matériels conformes à 413.2.1.1 et remplit les conditions spécifiées en 413.2.2 à 413.2.6.

NOTE – Le symbole  doit être apposé de manière apparente à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe.

413.2.1.3 d'une isolation renforcée recouvrant les parties actives nues et montée au cours de l'installation électrique; elle assure une sécurité équivalente à celle des matériels électriques conformes à 413.2.1.1 et remplit les conditions spécifiées en 413.2.3 à 413.2.6; une telle isolation n'est admise que lorsque des raisons de construction ne permettent pas la réalisation de la double isolation.

NOTE – Le symbole  doit être apposé de manière apparente à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe.

* Voir la CEI 60439: *Ensembles d'appareillage à basse tension*.

413.1.6 Supplementary equipotential bonding

413.1.6.1 Supplementary equipotential bonding shall include all simultaneously accessible exposed-conductive-parts of fixed equipment and extraneous-conductive-parts including, where practicable, the main metallic reinforcement of constructional reinforced concrete. The equipotential system shall be connected to the protective conductors of all equipment including those of socket-outlets.

413.1.6.2 Where doubt exists regarding the effectiveness of supplementary equipotential bonding, it shall be confirmed that the resistance R between simultaneously accessible exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts fulfills the following condition:

$$R \leq \frac{50}{I_a}$$

where

I_a is the operating current of the protective device:

- for residual current devices, $I_{\Delta n}$
- for overcurrent devices, the 5 s operating current.

413.2 Protection by use of Class II equipment or by equivalent insulation

NOTE – This measure is intended to prevent the appearance of dangerous voltage on the accessible parts of electrical equipment through a fault in the basic insulation.

413.2.1 Protection shall be provided by:

413.2.1.1 electrical equipment of the following types, type tested and marked to the relevant standards:

- electrical equipment having double or reinforced insulation (Class II equipment);
- factory-built assemblies of electrical equipment having total insulation*.

NOTE – This equipment is identified by the symbol .

413.2.1.2 supplementary insulation applied to electrical equipment having basic insulation only, in the process of erecting an electrical installation, providing a degree of safety equivalent to electrical equipment according to 413.2.1.1 and complying with 413.2.2 to 413.2.6.

NOTE – The symbol  should be fixed in a visible position on the exterior and interior of the enclosure.

413.2.1.3 reinforced insulation applied to uninsulated live parts, as a process in the erection of an electrical installation, providing a degree of safety equivalent to electrical equipment according to 413.2.1.1 and complying with 413.2.3 to 413.2.6; such insulation being recognized only where constructional features prevent the application of double insulation.

NOTE – The symbol  should be fixed in a visible position on the exterior and interior of the enclosure.

* See IEC 60439: *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*.

413.2.2 Le matériel électrique étant en état de fonctionnement, toutes les parties conductrices séparées des parties actives par une isolation principale seulement doivent être enfermées dans une enveloppe isolante possédant au moins le degré de protection IP2X.

413.2.3 L'enveloppe isolante doit être capable de supporter les contraintes mécaniques, électriques ou thermiques susceptibles de se produire.

Les revêtements de peinture, de vernis et de produits similaires ne sont pas, en général, considérés comme satisfaisant à ces prescriptions. Toutefois, cela n'exclut pas l'utilisation d'enveloppes qui ont subi les essais de type et qui sont recouvertes de tels revêtements si leur emploi est admis dans les normes correspondantes et que ces revêtements isolants sont essayés dans les conditions d'essai correspondantes.

NOTE – Pour les prescriptions pour les lignes de fuite et les distances dans l'air, voir CEI 60664.

413.2.4 Lorsque l'enveloppe isolante n'a pas été essayée antérieurement, un essai diélectrique doit être effectué en cas de doute, conformément aux dispositions de la sixième partie.

413.2.5 L'enveloppe isolante ne doit pas être traversée par des parties conductrices susceptibles de propager un potentiel. L'enveloppe ne doit pas comporter de vis en matière isolante dont le remplacement par une vis métallique pourrait compromettre l'isolation procurée par l'enveloppe.

NOTE – Lorsqu'il est impératif que l'enveloppe isolante soit traversée par des liaisons mécaniques (par exemple organes de commande d'appareils incorporés), celles-ci doivent être disposées de telle sorte que la protection contre les chocs électriques ne soit pas compromise.

413.2.6 Lorsque l'enveloppe comporte des portes ou couvercles pouvant être ouverts sans l'aide d'un outil ou d'une clé, toutes les parties conductrices qui sont accessibles lorsque la porte ou le couvercle est ouvert doivent être protégées par une barrière isolante possédant au moins le degré de protection IP2X, de manière à empêcher les personnes de toucher accidentellement ces parties. Cette barrière isolante ne doit pouvoir être enlevée qu'à l'aide d'un outil.

413.2.7 Les parties conductrices enfermées dans une enveloppe isolante ne doivent pas être reliées à un conducteur de protection. Toutefois, des dispositions peuvent être prises pour la connexion de conducteurs de protection qui passent nécessairement à travers l'enveloppe pour relier d'autres matériels électriques dont le circuit d'alimentation passe à travers l'enveloppe. A l'intérieur de l'enveloppe, de tels conducteurs et leurs bornes doivent être isolés comme des parties actives, et les bornes doivent être repérées de façon appropriée.

Les parties conductrices accessibles et les parties intermédiaires ne doivent pas être reliées à un conducteur de protection sauf si cela est prévu par les règles de construction du matériel correspondant.

413.2.8 L'enveloppe ne doit pas nuire aux conditions de fonctionnement du matériel ainsi protégé.

413.2.9 L'installation des matériels énoncés en 413.2.1.1 (fixation, raccordement des conducteurs, etc.) doit être effectuée de façon à ne pas nuire à la protection assurée conformément aux règles de construction de ces matériels.

413.2.2 The electrical equipment being ready for operation, all conductive parts separated from live parts by basic insulation only shall be contained in an insulating enclosure affording at least the degree of protection IP2X.

413.2.3 The insulating enclosure shall be capable of resisting mechanical, electrical or thermal stresses likely to occur.

Coatings of paint, varnish and similar products are generally not considered to comply with these requirements. This requirement does not exclude, however, the use of a type-tested enclosure provided with such coatings if the relevant standards admit their use and if the insulating coatings are tested according to the relevant test conditions.

NOTE – For requirements for creepage distances and clearances, see IEC 60664.

413.2.4 If the insulating enclosure has not previously been tested and doubt exists regarding its effectiveness, an electric strength test shall be carried out in accordance with the conditions specified in Part 6.

413.2.5 The insulating enclosure shall not be traversed by conductive parts likely to transmit a potential. The insulating enclosure shall not contain any screws of insulating material the replacement of which by metallic screws could impair the insulation provided by the enclosure.

NOTE – Where the insulating enclosure must be traversed by mechanical joints or connections (e.g. for operating handles of built-in apparatus), these should be arranged in such a way that protection against shock in case of a fault is not impaired.

413.2.6 Where lids or doors in the insulating enclosure can be opened without the use of a tool or key, all conductive parts which are accessible if the lid or door is open shall be behind an insulating barrier providing a degree of protection not less than IP2X which prevents persons from coming unintentionally into contact with those parts. This insulating barrier shall be removable only by use of a tool.

413.2.7 Conductive parts enclosed in the insulating enclosure shall not be connected to a protective conductor. However, provision may be made for connecting protective conductors which necessarily run through the enclosure in order to serve other items of electrical equipment whose supply circuit also runs through the enclosure. Inside the enclosure, any such conductors and their terminals shall be insulated as though they were live parts, and their terminals shall be appropriately marked.

Exposed conductive parts and intermediate parts shall not be connected to a protective conductor unless specific provision for this is made in the specifications for the equipment concerned.

413.2.8 The enclosure shall not adversely affect the operation of the equipment protected in this way.

413.2.9 The installation of equipment mentioned in 413.2.1.1 (fixing, connection of conductors, etc.) shall be effected in such a way as not to impair the protection afforded in compliance with the equipment specification.

413.3 Protection dans les locaux (ou emplacements) non conducteurs

NOTE – Cette mesure de protection est destinée à empêcher, en cas de défaut de l'isolation principale des parties actives, le contact simultané avec des parties susceptibles d'être portées à des potentiels différents. L'utilisation de matériels de la classe 0 est admise à condition de respecter l'ensemble des conditions suivantes:

413.3.1 Les masses doivent être disposées de façon que, dans les conditions normales, des personnes ne viennent pas en contact simultané

- soit avec deux masses,
- soit avec une masse et n'importe quel élément conducteur,

si ces éléments sont susceptibles de se trouver à des potentiels différents en cas d'un défaut de l'isolation principale des parties actives.

413.3.2 Dans de tels locaux (ou emplacements), aucun conducteur de protection ne doit être prévu.

413.3.3 Les prescriptions de 413.3.1 sont considérées comme respectées si l'emplacement possède des parois et un plancher isolants et si une ou plusieurs des conditions ci-après sont remplies:

- a) Eloignement respectif des masses et des éléments conducteurs ainsi que des masses entre elles. Cet éloignement est considéré comme suffisant si la distance entre deux éléments est d'au moins 2 m, cette distance pouvant être réduite à 1,25 m en dehors du volume d'accessibilité.
- b) Interposition d'obstacles efficaces entre les masses ou entre les masses et les éléments conducteurs. Ces obstacles sont considérés comme suffisamment efficaces s'ils portent la distance à franchir aux valeurs indiquées au point a). Ils ne doivent être reliés ni à la terre, ni à des masses; dans la mesure du possible, ils doivent être en matière isolante.
- c) Isolation ou disposition isolée des éléments conducteurs. L'isolation doit avoir une rigidité mécanique suffisante et pouvoir supporter une tension d'essai d'au moins 2 000 V. Le courant de fuite ne doit pas être supérieur à 1 mA dans les conditions normales d'emploi.

413.3.4 Les parois et planchers isolants doivent présenter une résistance non inférieure:

- à 50 k Ω , si la tension nominale de l'installation n'est pas supérieure à 500 V, et
- à 100 k Ω , si la tension nominale de l'installation est supérieure à 500 V,

en tout point de mesure dans les conditions définies dans la sixième partie.

NOTE – Si la résistance n'est pas supérieure ou égale en tout point à la valeur prescrite, ces parois et ces planchers sont considérés comme des éléments conducteurs du point de vue de la protection contre les chocs électriques.

413.3.5 Les dispositions prises doivent être durables et ne doivent pas pouvoir être rendues inefficaces. Elles doivent également assurer la protection des matériels mobiles lorsque l'utilisation de ceux-ci est envisagée.

NOTE 1 – L'attention est attirée sur le risque d'introduction ultérieure, dans des installations électriques non strictement surveillées, d'autres parties (par exemple matériels mobiles de la classe I ou éléments conducteurs, tels que conduites d'eau métalliques) susceptibles d'annihiler la conformité avec 413.3.5.

NOTE 2 – Il importe de veiller à ce que l'humidité ne risque pas de compromettre l'isolation des parois et des planchers.

413.3.6 Des dispositions doivent être prises pour éviter que des éléments conducteurs puissent propager des potentiels en dehors de l'emplacement considéré.

413.3 Protection by non-conducting location

NOTE – This protective measure is intended to prevent simultaneous contact with parts which may be at different potential through failure of the basic insulation of live parts. The use of Class 0 equipment is recognized if all the following conditions are fulfilled:

413.3.1 Exposed-conductive-parts shall be arranged so that under ordinary circumstances persons will not come into simultaneous contact with

- two exposed-conductive-parts, or
- an exposed-conductive-part and any extraneous-conductive-part,

if these parts are liable to be at different potential through failure of the basic insulation of live parts.

413.3.2 In a non-conducting location there shall be no protective conductor.

413.3.3 Subclause 413.3.1 is fulfilled if the location has an insulating floor and walls and one or more of the following arrangements applies:

- a) Relative spacing of exposed-conductive-parts and of extraneous-conductive-parts as well as spacing of exposed-conductive-parts. This spacing is sufficient if the distance between two parts is not less than 2 m; this distance may be reduced to 1,25 m out of the zone of arm's reach.
- b) Interposition of effective obstacles between exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts. Such obstacles are sufficiently effective if they extend the distances to be surmounted to the values stated in paragraph a) above. They shall not be connected to earth or to exposed-conductive-parts; as far as possible they shall be of insulating material.
- c) Insulation or insulating arrangements of extraneous-conductive-parts. The insulation shall be of sufficient mechanical strength and be able to withstand a test voltage of at least 2 000 V. Leakage current shall not exceed 1 mA in normal conditions of use.

413.3.4 The resistance of insulating floors and walls at every point of measurement under the conditions specified in Part 6 shall be not less than:

- 50 k Ω , where the nominal voltage of the installation does not exceed 500 V, or
- 100 k Ω , where the nominal voltage of the installation exceeds 500 V.

NOTE – If at any point the resistance is less than the specified value, the floors and walls are deemed to be extraneous conductive parts for the purposes of protection against shock.

413.3.5 The arrangements made shall be permanent and it shall not be possible to make them ineffective. They shall also ensure protection where the use of mobile or portable equipment is envisaged.

NOTE 1 – Attention is drawn to the risk that where electrical installations are not under effective supervision, further conductive parts may be introduced at a later date (e.g. mobile or portable Class I equipment or extraneous-conductive-parts such as metallic water pipes), which may invalidate compliance with 413.3.5.

NOTE 2 – It is essential to ensure that the insulation of floor and walls cannot be affected by humidity.

413.3.6 Precautions shall be taken to ensure that extraneous-conductive-parts cannot cause a potential to appear externally to the location concerned.