

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
364-4-41**

Troisième édition
Third edition
1992-10

**PUBLICATION DE SÉCURITÉ FONDAMENTALE
BASIC SAFETY PUBLICATION**

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 364-4-41: 1992

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
364-4-41**

Troisième édition
Third edition
1992-10

**PUBLICATION DE SÉCURITÉ FONDAMENTALE
BASIC SAFETY PUBLICATION**

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

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

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
410.1 Généralités	8
411 Protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects	8
411.1 Protection par très basse tension: TBTS et TBTP	8
411.2 Protection par limitation de l'énergie de décharge (à l'étude)	16
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	24
413 Protection contre les contacts indirects	24
413.1 Protection par coupure automatique de l'alimentation	24
413.2 Protection par emploi de matériels de la classe II ou par isolation équivalente	40
413.3 Protection dans les locaux (ou emplacements) non conducteurs	42
413.4 Protection par liaisons équipotentielle locales non reliées à la terre	44
413.5 Protection par séparation électrique	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
4 Protection for safety	9
400.1 Introduction	9
41 Protection against electric chocs	9
410.1 General	9
411 Protection against both direct and indirect contact	9
411.1 Protection by extra-low voltages SELV AND PELV	9
411.2 Protection by limitation of discharge energy (under consideration)	17
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	25
413 Protection against indirect contact	25
413.1 Protection by automatic disconnection of supply	25
413.2 Protection by use of Class II equipment or by equivalent insulation	41
413.3 Protection by non-conducting location	43
413.4 Protection by earth-free local equipotential bonding	45
413.5 Protection by electrical separation	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS

Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité

Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

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

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

Le texte de la présente partie est issu de la deuxième édition de la CEI 364-4-41 (1982) et des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
64(BC)184 64(BC)193	64(BC)203 64(BC)216

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette partie.

Autres publications de la CEI citées dans la présent norme:

Publications n^{os} 65: Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue, reliés à un réseau.

439: Ensembles d'appareillage à basse tension.

449: Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS

Part 4: Protection for safety

Chapter 41: Protection against electric shock

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This standard has been prepared by Technical Committee No. 64: Electric installations of buildings.

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

The text of this part is based on the second edition of IEC 364-4-41 (1982) and the following documents:

Six Months' Rule	Reports on Voting
64(CO)184 64(CO)193	64(CO)203 64(CO)216

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 65: Safety Requirements for Mains Operated Electronic and Related Apparatus for Household and Similar General Use.

439: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies.

449: Voltage Bands for Electrical Installations of Buildings.

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» comme paragraphe 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» a été abrégé en TBTF (FELV).

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:1992

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 subclause 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.

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:1992

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

410.1 Généralités

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.

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:

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

410.1 General

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.

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:

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

NOTES

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.

2 Des limites plus basses peuvent être spécifiées pour certaines influences externes (à l'étude). Voir aussi la CEI 364-7: Installations électriques des bâtiments - Septième partie: Règles pour les installations et emplacements spéciaux.

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

411.1.2.1 Un transformateur de sécurité conforme à la CEI 742 (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 au paragraphe 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 au paragraphe 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.

NOTES

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

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 au paragraphe 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).

* Voir la CEI 449 (1973): Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments.

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

NOTES

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.

2 For certain external influences, lower voltage limits may be required (under consideration). See also IEC 364-7: Electrical installations of buildings, Part 7: Requirements for special installations or locations.

411.1.2 Sources for SELV and PELV

411.1.2.1 A safety isolating transformer in accordance with IEC 742 (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 subclause 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 subclause 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.

NOTES

1 Examples of such devices include insulation testing equipment.

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 subclause 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).

* See IEC 449 (1973): Voltage bands for electrical installations of buildings.

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.

NOTES

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

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.

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.

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 au paragraphe 411.1.1.

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.

NOTES

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

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.

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 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 subclause 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 au paragraphe 411.1.4 n'est pas requise, il convient de satisfaire aux prescriptions des paragraphes 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 Nonobstant le paragraphe 411.1.5.1, une protection contre les contacts directs n'est pas nécessaire pour les matériels situés à l'intérieur de la zone d'influence d'une liaison équipotentielle 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.

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 subclause 411.1.4 is not required, the requirements of subclauses 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 subclause 411.1.5.1 is not necessary if the equipment is within the zone of influence of equipotential bonding 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 par limitation de l'énergie de décharge

A l'étude.

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 aux paragraphes 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:

411.2 Protection by limitation of discharge energy

Under consideration.

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 subclauses 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:

- 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.

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.

- 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 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 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.

412.3 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, page 18).

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 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.

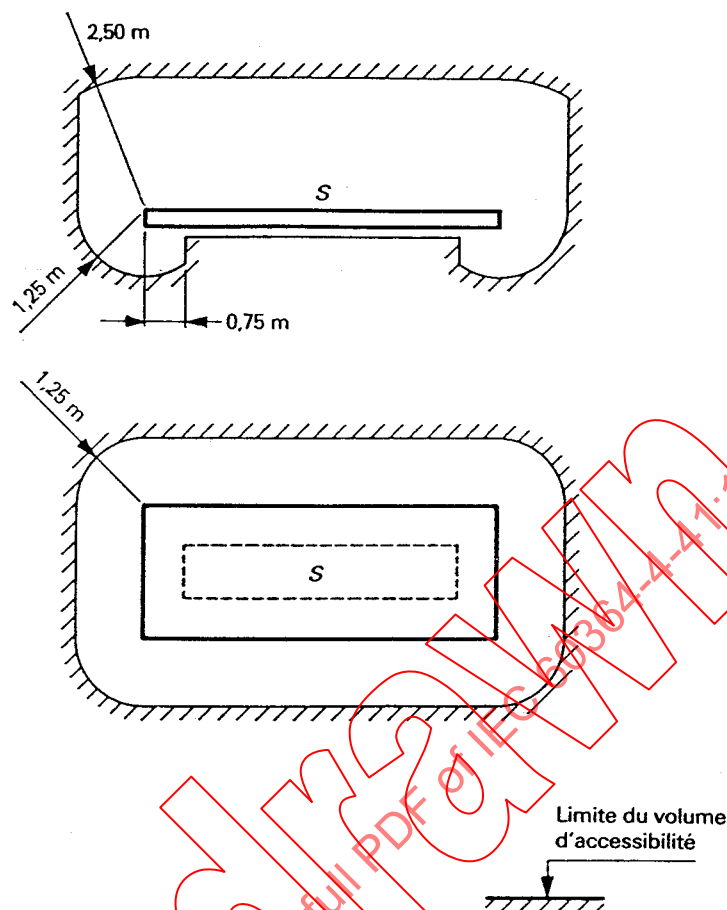
412.3.2 Obstacles may be removed without using a key or tool but shall be so secured as to prevent unintentional removal.

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, page 19).



267/81

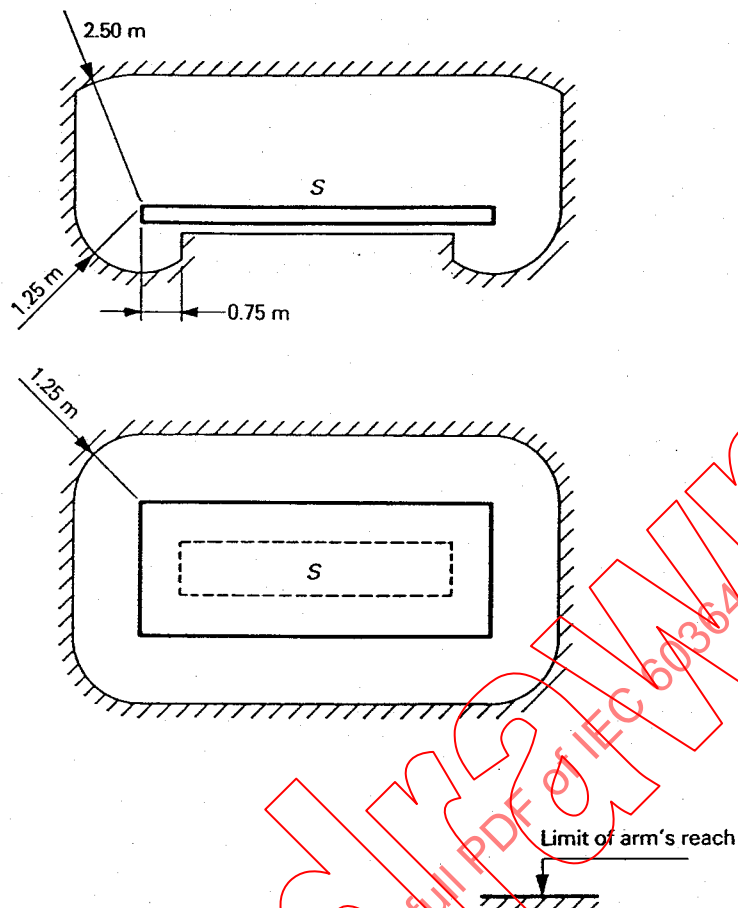
S = surface sur laquelle se tiennent ou circulent des personnes

Figure 41C – Volume d'accessibilité

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 aux paragraphes 412.4.1 et 412.4.2 doivent être augmentées en tenant compte des dimensions de ces objets.



267/81

S = surface expected to be occupied by persons

Figure 41C – Zone of arm's reach

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 subclauses 412.4.1 and 412.4.2 shall be increased taking account of the relevant dimensions of those objects.

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

NOTES

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 479: Effets du courant passant par le corps humain).

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 479 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).

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 des paragraphes 413.1.1.1 et 413.1.1.2 sont fournis dans les paragraphes 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.

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 paragraphe 413.1.3.5).

NOTES

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.

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.

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

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

NOTES

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 479: Effects of current passing through the human body).

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 479 will be provided in an IEC Technical Report (type 3) "Measures against indirect contact by automatic disconnection of the supply" (under consideration).

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

413.1.1 General

NOTE - Conventional means of compliance with subclauses 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.

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 subclause 413.1.3.5).

NOTES

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.

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.

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

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.

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 364-5-54 (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 dans le paragraphe 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 paragraphe 413.1.6).

NOTES

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.

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

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

- 4 The requirements of this clause are applicable to supplies between 15 Hz and 1 000 Hz a.c. and ripple-free d.c.
- 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 364-5-54 (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 subclause 413.1.1.1 cannot be fulfilled in an installation or part of an installation, a local bonding known as supplementary equipotential bonding (see subclause 413.1.6) shall be applied.

NOTES

- 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.
- 2 Supplementary equipotential bonding may involve the entire installation, a part of the installation, an item of apparatus, or a location.
- 3 Additional requirements may be necessary for special locations, see Part 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 paragraphe 413.1.3.2).

NOTES

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 équipotentielle entre conducteurs de protection et éléments conducteurs ont, toutefois, une fonction similaire dans de tels cas.

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 paragraphe 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 au paragraphe 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 38 (1983):
Tensions normales de la CEI.

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 subclause 413.1.3.2).

NOTES

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.

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 subclause 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 subclause 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 38 (1983): IEC standard voltages.

NOTES

- 1 Pour les tensions qui sont dans les limites de tolérances définies dans la CEI 38, les temps de coupure correspondant aux tensions nominales sont applicables.
- 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 du paragraphe 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 du paragraphe 413.1.2.1 concernant la liaison équipotentielle principale.

NOTE - Voir également la note du paragraphe 413.1.3.9.

413.1.3.6 Si les conditions des paragraphes 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 au paragraphe 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

NOTES

- 1 For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 38, the disconnecting time appropriate to the nominal voltage applies.
- 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 subclause 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.

NOTE - See also the note following subclause 413.1.3.9.

413.1.3.6 If the conditions of subclause 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 subclause 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 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;

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.

413.1.3.9 Lorsqu'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel est utilisé pour la coupure automatique d'un circuit en dehors de la zone d'influence de la liaison équipotentielle principale, les masses ne doivent pas être reliées aux conducteurs de protection du schéma TN mais doivent être reliées à une prise de terre ayant une résistance appropriée au courant de fonctionnement du dispositif de protection à courant différentiel-résiduel. Le circuit ainsi protégé est alors à considérer suivant le schéma TT et les conditions du paragraphe 413.1.4 sont applicables.

NOTE - En dehors de la zone d'influence de la liaison équipotentielle principale, d'autres mesures de protection peuvent être utilisées, par exemple:

- alimentation par transformateur de séparation;
- utilisation d'une isolation supplémentaire (article 413.2).

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.

* Voir CEI 1008-1 (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 1009-1 (1991): Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec protection contre les surintensités incorporée pour installations domestiques et analogues (DD) - Partie 1: Règles générales.

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

- overcurrent protective devices;
- residual current protective devices;

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.

413.1.3.9 Where a residual current protective device is used for automatic disconnection for a circuit outside the zone of influence of main equipotential bonding, exposed-conductive-parts shall not be connected to the TN system but protective conductors shall be connected to an earth electrode affording a resistance appropriate to the operating current of the residual current protective device. The circuit thus protected is to be treated as a TT system and subclause 413.1.4 applies.

NOTE - Outside the zone of influence of main equipotential bonding other protective measures which may be used are:

- supply by isolation transformer;
- application of supplementary insulation (Clause 413.2).

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

* See IEC 1008-1 (1990): Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 1: General rules, and IEC 1009-1 (1991): Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 1: General rules.

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 du paragraphe 413.1.4.2 ne peut être respectée, une liaison équipotentielle supplémentaire conforme au paragraphe 413.1.2.2 et 413.1.6 doit être réalisée.

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.

NOTES

- 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.
- 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 du paragraphe 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.

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 subclause 413.1.4.2 cannot be fulfilled, supplementary equipotential bonding in accordance with subclause 413.1.2.2 and 413.1.6 shall be applied.

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

- residual current protective devices;
- overcurrent protective devices.

NOTES

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

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 contrôleur d'isolement est prévu pour indiquer l'apparition d'un premier défaut d'une partie active à la masse ou à la terre, il doit actionner un signal sonore ou un signal visuel.

NOTES

- 1 Il est recommandé d'éliminer un premier défaut dans un délai aussi court que possible.
- 2 Un contrôleur d'isolement peut être nécessaire pour des raisons autres que la protection contre les contacts indirects.

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.

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

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

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

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 paragraphe 413.1.3.5).

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 If an insulation monitoring device is provided to indicate the occurrence of a first fault from a live part to exposed-conductive-parts or to earth, this device shall initiate an audible and/or visual signal.

NOTES

- 1 It is recommended that a first fault be eliminated with the shortest practicable delay.
- 2 An insulation monitoring device may be necessary for reasons other than protection against indirect contact.

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 subclause 413.1.4 as for TT systems, except that the second paragraph of subclause 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 subclause 413.1.5.6.

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

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3} \times U_o}{2 I_a}$$

or where the neutral is distributed:

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

where

U_o 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 subclause 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
NOTES 1 Pour les tensions qui sont dans les limites de tolérances définies dans la CEI 38, les temps de coupure correspondant aux tensions nominales sont applicables. 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.

413.1.6 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.

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

NOTES

1 For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 38, the disconnecting time appropriate to the nominal voltage applies.

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 *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 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 au paragraphe 413.2.1.1 et remplit les conditions spécifiées dans les paragraphes 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 au paragraphe 413.2.1.1 et remplit les conditions spécifiées dans les paragraphes 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.

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 664.

* Voir la Publication 439 de la CEI: Ensembles d'appareillage à basse tension.

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 subclause 413.2.1.1 and complying with subclauses 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 subclause 413.2.1.1 and complying with subclauses 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.

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 664.

* See IEC Publication 439: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies.