

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
364-5-54**

Première édition  
First edition  
1980

---

---

**Installations électriques des bâtiments**

**Cinquième partie:**

Choix et mise en œuvre des matériels électriques

Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs  
de protection

**Electrical installations of buildings**

**Part 5:**

Selection and erection of electrical equipment

Chapter 54: Earthing arrangements  
and protective conductors



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 364-5-54: 1980

## 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  
364-5-54

Première édition  
First edition  
1980

---

---

**Installations électriques des bâtiments**

**Cinquième partie:**

Choix et mise en œuvre des matériels électriques

Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs  
de protection

**Electrical installations of buildings**

**Part 5:**

Selection and erection of electrical equipment

Chapter 54: Earthing arrangements  
and protective conductors

© CEI 1993 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

P

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE .....	4
PRÉFACE .....	4
Articles	
541. Généralités .....	8
542. Liaisons à la terre.....	8
542.1 Mises à la terre.....	8
542.2 Prises de terre.....	8
542.3 Conducteurs de terre.....	10
542.4 Bornes principales de terre.....	12
542.5 Interconnexion avec les mises à la terre d'autres installations.....	12
543. Conducteurs de protection.....	12
543.1 Sections minimales.....	12
543.2 Types de conducteurs de protection.....	20
543.3 Conservation et continuité électrique des conducteurs de protection .....	22
544. Mise à la terre pour des raisons de protection.....	22
544.1 Conducteurs de protection utilisés en liaison avec les dispositifs de protection contre les surintensités.....	22
544.2 Prises de terre et conducteurs de protection pour dispositifs à tension de défaut.....	22
544.3 Courants de fuite importants.....	22
545. Mise à la terre pour des raisons fonctionnelles.....	24
545.1 Généralités .....	24
545.2 Terre sans bruit (à l'étude) .....	24
546. Mise à la terre pour des raisons combinées de protection et fonctionnelles.....	24
546.1 Généralités .....	24
546.2 Conducteurs PEN.....	24
547. Conducteurs d'équipotentialité.....	26
547.1 Sections minimales.....	26
547.2 Conducteurs d'équipotentialité non reliés à la terre.....	26
ANNEXE A — Méthode de détermination du facteur $k$ du paragraphe 543.1.1.....	28
ANNEXE B — Prise de terre et conducteurs de protection.....	30

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
PREFACE .....	5
Clause	
541. General .....	9
542. Connections to earth .....	9
542.1 Earthing arrangements .....	9
542.2 Earth electrodes .....	9
542.3 Earthing conductors .....	11
542.4 Main earthing terminals or bars .....	13
542.5 Interconnection with earthing arrangements of other systems .....	13
543. Protective conductors .....	13
543.1 Minimum cross-sectional areas .....	13
543.2 Types of protective conductors .....	21
543.3 Preservation of electrical continuity of protective conductors .....	23
544. Earthing arrangements for protective purposes .....	23
544.1 Protective conductors used with overcurrent protective devices .....	23
544.2 Earthing and protective conductors for fault-voltage-operated protective devices .....	23
544.3 Excessive earth-leakage currents .....	23
545. Earthing arrangements for functional purposes .....	25
545.1 General .....	25
545.2 Low noise .....	25
546. Earthing arrangements for combined protective and functional purposes .....	25
546.1 General .....	25
546.2 PEN conductors .....	25
547. Equipotential bonding conductors .....	27
547.1 Minimum cross-sectional areas .....	27
547.2 Non-earthed equipotential bonding .....	27
APPENDIX A — Method for deriving the factor $k$ in Sub-clause 543.1.1 .....	29
APPENDIX B — Earthing and protective conductors .....	30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS

Cinquième partie: Choix et mise en œuvre des matériels électriques

Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs de protection

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

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

Des projets de la présente norme furent discutés lors des réunions tenues à Toronto en 1976 et à Moscou en 1977. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 64(Bureau Central)68, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1977.

En outre, le texte de l'article 543.1, du paragraphe 543.1.1 et de l'annexe A, document 64(Bureau Central)75, fut diffusé pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois en décembre 1978.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur du projet de la Règle des Six Mois:

Afrique du Sud (République d')	Israël
Australie	Italie*
Autriche	Japon
Belgique	Norvège
Bulgarie	Pays-Bas
Canada	Roumanie
Egypte	Suède
Espagne	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
France	

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 543.1, du paragraphe 543.1.1 et de l'annexe A:

Afrique du Sud (République d')	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Roumanie
Danemark	Suède
Egypte	Suisse
Espagne	Turquie
Etats-Unis d'Amérique	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
France	

\* Ce pays a changé son vote négatif original en vote positif après la diffusion du rapport de vote.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS

Part 5: Selection and erection of electrical equipment

Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors

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.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 64, Electrical Installations of Buildings.

Drafts of this standard were discussed at the meetings held in Toronto in 1976 and in Moscow in 1977. As a result of the latter meeting, a draft, Document 64(Central Office)68, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1977.

In addition, the wording of Clause 543.1, Sub-clause 543.1.1 and Appendix A, Document 64(Central Office)75, was circulated for approval under the Two Months' Procedure in December 1978.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of the Six Months' Rule draft:

Australia	Netherlands
Austria	Norway
Belgium	Romania
Bulgaria	South Africa (Republic of)
Canada	Spain
Egypt	Sweden
France	Switzerland
Israel	Turkey
Italy*	United States of America
Japan	

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 543.1, Sub-clause 543.1.1 and Appendix A:

Australia	Poland
Austria	Romania
Belgium	South Africa (Republic of)
Denmark	Spain
Egypt	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United States of America
Netherlands	

\* This country has changed its original negative vote into a positive one after the report on the voting had been circulated.

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme :*

- Publications n<sup>os</sup> 28: Spécification internationale du cuivre – type recuit.  
79-8: Matériel électrique pour atmosphères explosives, Huitième partie: Classification des températures maximales de surface.  
111: Recommandation concernant la résistivité des fils en aluminium écroui dur industriel pour conducteurs électriques.  
287: Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).  
364-1: Installations électriques des bâtiments. Première partie: Domaine d'application, objet et définitions.  
364-4-41: Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité. Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:1980  
Withdrawn

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 28: International Standard of Resistance for Copper.  
79-8: Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres, Part 8: Classification of Maximum Surface Temperatures.  
111: Recommendation for the Resistivity of Commercial Hard-drawn Aluminium Electrical Conductor Wire.  
287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).  
364-1: Electrical Installations of Buildings, Part 1: Scope, Object and Definitions.  
364-4-41: Part 4: Protection for Safety. Chapter 41: Protection against Electric Shock.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:1980  
Withdrawn

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS

### Cinquième partie: Choix et mise en œuvre des matériels électriques

#### Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs de protection

##### 541. GÉNÉRALITÉS

541.1 La valeur de la résistance de la prise de terre doit satisfaire aux conditions de protection ou de service de l'installation électrique.

##### 542. LIAISONS À LA TERRE

###### 542.1 Mises à la terre

542.1.1 Les dispositions de mise à la terre peuvent être utilisées à la fois ou séparément pour des raisons de protection ou des raisons fonctionnelles suivant les prescriptions de l'installation.

542.1.2 Le choix et la mise en œuvre des matériels assurant la mise à la terre doivent être tels que:

- la valeur de la résistance de mise à la terre soit conforme aux règles de protection et de fonctionnement de l'installation et supposée maintenue telle,
- les courants de défaut à la terre et les courants de fuite puissent circuler sans danger, particulièrement du point de vue des contraintes thermiques, thermomécaniques et électromécaniques,
- la solidité ou la protection mécanique soit assurée en fonction des conditions estimées d'influences externes (chapitre 32).

542.1.3 Des précautions doivent être prises contre les risques de dommages aux autres parties métalliques par suite des effets d'électrolyse.

###### 542.2 Prises de terre

542.2.1 Les types suivants de prises de terre peuvent être utilisés:

- piquets ou tubes;
- rubans ou fils;
- plaques;
- ceinturage à fond de fouille;
- armatures du béton;

*Note.* — Des précautions spéciales doivent être prises lorsque la construction comprend des armatures de béton précontraint.

- conduites métalliques d'eau dans les conditions du paragraphe 542.2.5;
- autres structures enterrées appropriées (voir aussi paragraphe 542.2.6).

## ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS

### Part 5: Selection and erection of electrical equipment

#### Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors

##### 541. GENERAL

541.1 The performance of the earthing arrangements shall satisfy the safety and functional requirements of the electrical installation.

##### 542. CONNECTIONS TO EARTH

###### 542.1 Earthing arrangements

542.1.1 The earthing arrangements may be used jointly or separately for protective or functional purposes according to the requirements of the installation.

542.1.2 The selection and erection of the equipment of the earthing arrangements shall be such that:

- the value of earthing resistance is in accordance with the protective and functional requirements of the installation and expected to be continuously effective,
- earth-fault currents and earth-leakage currents can be carried without danger, particularly from thermal, thermomechanical and electro-mechanical stresses,
- it is adequately robust or has additional mechanical protection appropriate to the assessed conditions of external influence (Chapter 32).

542.1.3 Precautions shall be taken against the risk of damage to other metallic parts through electrolysis.

###### 542.2 Earth electrodes

542.2.1 The following types of earth electrodes may be used:

- earth rods or pipes;
- earth tapes or wires;
- earth plates;
- earth electrodes embedded in foundations;
- metallic reinforcement of concrete;

*Note.* — Special care should be exercised where the construction includes pre-stressed concrete.

- metallic water-pipe systems under the conditions of Sub-clause 542.2.5;
- other suitable underground structures (see also Sub-clause 542.2.6).

*Note.* — L'efficacité d'une prise de terre dépend des conditions locales du terrain, et une ou plusieurs prises de terre appropriées aux conditions du terrain et à la valeur de la résistance nécessaire doivent être choisies.  
La valeur de la résistance de la prise de terre peut être calculée ou mesurée.  
La préparation d'un guide pratique est à l'étude.

542.2.2 Le type et la profondeur d'enfouissement des prises de terre doivent être tels que l'assèchement du sol et le gel n'augmentent pas la résistance de la prise de terre au-dessus de la valeur prescrite.

542.2.3 Les matériaux utilisés et la réalisation des prises de terre doivent être tels qu'ils résistent aux efforts mécaniques dus à la corrosion.

542.2.4 La conception de la mise à la terre doit tenir compte de l'augmentation possible de la résistance de la prise de terre due à la corrosion.

542.2.5 Des canalisations métalliques de distribution d'eau peuvent être utilisées comme prises de terre, pourvu que l'accord du distributeur d'eau soit obtenu et que des dispositions appropriées soient prises pour que l'exploitant de l'installation électrique soit averti de tout changement dans les canalisations d'eau.

*Note.* — Il est souhaitable que la fiabilité des dispositions de mise à la terre ne dépende pas d'autres corps de métier.

542.2.6 Des canalisations métalliques affectées à d'autres services que celui mentionné au paragraphe 542.2.5 (telles que celles servant aux liquides ou gaz inflammables, chauffage central, etc.) ne doivent pas être utilisées comme prises de terre pour des raisons de protection.

*Note.* — Cette prescription n'exclut pas la liaison équipotentielle avec d'autres services pour satisfaire aux prescriptions du chapitre 41.

542.2.7 Les gaines de plomb et autres enveloppes de câbles qui ne sont pas susceptibles de détérioration due à une corrosion excessive peuvent être utilisées comme prises de terre pourvu que l'accord du propriétaire du câble soit obtenu et que des dispositions appropriées soient prises pour que l'exploitant de l'installation électrique soit averti de tout changement apporté au câble qui pourrait affecter ses caractéristiques de mise à la terre.

### 542.3 Conducteurs de terre

542.3.1 Les conducteurs de terre doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 543.1 et, lorsqu'ils sont enterrés, leur section doit être conforme aux valeurs du tableau 54A.

*Note.* — Les dimensions pour les conducteurs non circulaires sont à l'étude.

TABLEAU 54A

*Sections conventionnelles des conducteurs de terre*

	Protégé mécaniquement	Non protégé mécaniquement
Protégé contre la corrosion	Suivant l'article 543.1	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Fe
Non protégé contre la corrosion	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Fe	

*Note.* — The efficacy of any earth electrode depends on local soil conditions, and one or more earth electrodes suitable for the soil conditions and value of earth resistance required should be selected.

The value of earth resistance of the earth electrode may be calculated or measured.

Preparation of a practical guide is under consideration.

542.2.2 The type and embedded depth of earth electrodes shall be such that soil drying and freezing will not increase the earth resistance of the earth electrodes above the required value.

542.2.3 The materials used and the construction of the earth electrodes shall be such as to withstand mechanical damage due to corrosion.

542.2.4 The design of the earthing arrangements shall take account of possible increase in earth resistance of earth electrodes due to corrosion.

542.2.5 Metallic water-pipe systems may be used as earth electrodes provided that the consent of the distributor of the water is obtained and that suitable arrangements exist for the user of the electrical installation to be warned of any proposed changes in the water-pipe system.

*Note.* — It is desirable that the reliability of the earthing arrangements should not depend on other disciplines.

542.2.6 Metallic pipe systems of services other than that mentioned in Sub-clause 542.2.5 as this concerns only the water service (e.g. for flammable liquids or gases, heating systems, etc.) shall not be used as earth electrodes for protective purposes.

*Note.* — This requirement does not preclude the equipotential bonding of other services for compliance with Chapter 41.

542.2.7 Lead sheaths and other metallic coverings of cables not liable to deterioration through excessive corrosion may be used as earth electrodes provided the consent of the owner of the cables is obtained and suitable arrangements exist for the user of the electrical installation to be warned of any proposed changes to the cable that may affect its suitability as an earth electrode.

### 542.3 Earthing conductors

542.3.1 Earthing conductors shall comply with Clause 543.1, and where buried in the soil their cross-sectional areas shall be in accordance with Table 54A.

*Note.* — Dimensions for non-circular conductors are under consideration.

TABLE 54A

*Conventional cross-sectional areas of earthing conductors*

	Mechanically protected	Mechanically unprotected
Protected against corrosion	As required by Clause 543.1	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Fe
Not protected against corrosion	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Fe	

542.3.2 La liaison d'un conducteur de terre à une prise de terre doit être soigneusement réalisée et électriquement satisfaisante.

Lorsque des raccords sont utilisés, ils ne doivent pas endommager les éléments de la prise de terre (par exemple, les tuyaux) ni les conducteurs de terre.

#### 542.4 Bornes principales de terre

542.4.1 Dans toute installation, une borne principale de terre doit être prévue et les conducteurs suivants doivent lui être reliés:

- les conducteurs de terre;
- les conducteurs de protection;
- les conducteurs de liaison équipotentielle principale;
- les conducteurs de mise à la terre fonctionnelle, si nécessaire.

542.4.2 Un dispositif doit être prévu sur les conducteurs de terre en un endroit accessible, permettant de mesurer la résistance de la prise de terre correspondante; ce dispositif peut être combiné avec la borne principale de terre. Ce dispositif doit être démontable seulement à l'aide d'un outil et doit être mécaniquement sûr et assurer la continuité électrique.

#### 542.5 Interconnexion avec les mises à la terre d'autres installations

##### 542.5.1 Installations à tensions plus élevées

A l'étude.

##### 542.5.2 Installations de protection contre la foudre

A l'étude.

##### 542.5.3 Autres installations

A l'étude, de telles installations sont celles énumérées au paragraphe 1.3 de la Publication 364-1 de la CEI.

### 543. CONDUCTEURS DE PROTECTION

*Note.* — Pour les conducteurs de protection de liaison équipotentielle, voir section 547.

#### 543.1 Sections minimales

La section des conducteurs de protection doit être

- soit calculée conformément au paragraphe 543.1.1,
- soit choisie conformément au paragraphe 543.1.2.

Dans les deux cas, il y a lieu de tenir compte du paragraphe 543.1.3.

*Note.* — L'installation doit être conçue de manière que les bornes des matériels puissent recevoir les sections des conducteurs de protection ainsi déterminées.

542.3.2 The connection of an earthing conductor to an earth electrode shall be soundly made and electrically satisfactory.

Where a clamp is used, it shall not damage the electrode (e.g. a pipe) or the earthing conductor.

#### 542.4 Main earthing terminals or bars

542.4.1 In every installation, a main earthing terminal or bar shall be provided and the following conductors shall be connected to it:

- earthing conductors;
- protective conductors;
- main equipotential bonding conductors;
- functional earthing conductors, if required.

542.4.2 Means shall be provided in an accessible position for disconnecting the earthing conductor. Such means may conveniently be combined with the main earthing terminal or bar, to permit measurement of the resistance of the earthing arrangements. This joint shall be disconnectable only by means of a tool, shall be mechanically strong, and ensure the maintenance of electrical continuity.

#### 542.5 Interconnection with earthing arrangements of other systems

##### 542.5.1 Higher voltage systems

Under consideration.

##### 542.5.2 Lightning protection systems

Under consideration.

##### 542.5.3 Other systems

Under consideration, for such installations as are listed in Clause 1.3 of IEC Publication 364-1.

### 543. PROTECTIVE CONDUCTORS

*Note.*— For protective conductors for equipotential bonding, see Section 547.

#### 543.1 Minimum cross-sectional areas

The cross-sectional area of protective conductors shall either be

- calculated in accordance with Sub-clause 543.1.1, or
- selected in accordance with Sub-clause 543.1.2

In both cases, Sub-clause 543.1.3 shall be taken into account.

*Note.*— The installation should be so prepared that equipment terminals are capable of accepting these protective conductors.

543.1.1 La section doit être au moins égale à celle déterminée par la formule suivante (applicable seulement pour des temps de coupure non supérieurs à 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

dans laquelle:

$S$  = section du conducteur de protection, en millimètres carrés

$I$  = valeur efficace du courant de défaut qui peut traverser le dispositif de protection pour un défaut d'impédance négligeable, en ampères

$t$  = temps de fonctionnement du dispositif de coupure, en secondes

*Note.* — Il doit être tenu compte de l'effet de limitation du courant par les impédances du circuit et du pouvoir limiteur (intégrale de Joule) du dispositif de protection.

$k$  = facteur dont la valeur dépend de la nature du métal du conducteur de protection, des isolations et autres parties et des températures initiale et finale (pour la détermination de  $k$ , voir l'annexe A). Des valeurs de  $k$  pour les conducteurs de protection dans différentes conditions sont indiquées dans les tableaux 54B, 54C, 54D et 54E.

Si l'application de la formule conduit à des valeurs non normalisées, il y a lieu d'utiliser les conducteurs ayant la section normalisée immédiatement supérieure.

*Notes 1.* — Il est nécessaire que la section ainsi calculée soit compatible avec les conditions imposées à l'impédance de la boucle de défaut.

2. — Pour les limites de température pour les installations dans les atmosphères explosives, voir la Publication 79-8 de la CEI.

3. — Il doit être tenu compte des températures maximales admissibles pour les connexions.

4. — Les valeurs pour les conducteurs isolés à isolant minéral sont à l'étude.

TABLEAU 54B

Valeurs de  $k$  pour les conducteurs de protection isolés non incorporés aux câbles et les conducteurs de protection nus en contact avec le revêtement de câbles

	Nature de l'isolant des conducteurs de protection ou des revêtements de câbles		
	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PRC) Éthylène propylène (EPR)	Caoutchouc butyle
Température finale	160 °C	250 °C	220 °C
Matériau du conducteur	$k$		
Cuivre	143	176	166
Aluminium	95	116	110
Acier	52	64	60

*Note.* — La température initiale du conducteur est supposée être de 30 °C.

543.1.1 The cross-sectional area shall be not less than the value determined by the following formula (applicable only for disconnection times not exceeding 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

where:

$S$  = cross-sectional area, in square millimetres

$I$  = value (a.c., r.m.s.) of fault current for a fault of negligible impedance, which can flow through the protective device, in amperes

$t$  = operating time of the disconnecting device, in seconds

*Note.* — Account should be taken of the current-limiting effect of the circuit impedances and the limiting capability (Joule integral) of the protective device.

$k$  = factor dependent on the material of the protective conductor, the insulation and other parts and the initial and the final temperatures (for calculation of  $k$ , see Appendix A).  
Values of  $k$  for protective conductors in various use or service are as given in Tables 54B, 54C, 54D and 54E.

If application of the formula produces non-standard sizes, conductors of the nearest higher standard cross-sectional area shall be used.

*Notes 1.* — It is necessary that the cross-sectional area so calculated be compatible with the conditions imposed by fault loop impedance.

2. — For limitations of temperatures for installations in potentially explosive atmospheres, see IEC Publication 79-8.

3. — Maximum permissible temperatures for joints should be taken into account.

4. — Values for mineral-insulated cables are under consideration.

TABLE 54B

Values of  $k$  for insulated protective conductors not incorporated in cables, or bare protective conductors in contact with cable covering

	Insulation of protective conductor or cable covering		
	PVC	EPR XLPE	Butyl rubber
Final temperature	160 °C	250 °C	220 °C
Material of conductor	$k$		
Copper	143	176	166
Aluminium	95	116	110
Steel	52	64	60

*Note.* — The initial temperature of the conductor is assumed to be 30 °C.

TABLEAU 54C

Valeurs de  $k$  pour conducteurs de protection constitutifs d'un câble multiconducteur

	Nature de l'isolant		
	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PRC) Éthylène propylène (EPR)	Caoutchouc butyl
Température initiale	70 °C	90 °C	85 °C
Température finale	160 °C	250 °C	220 °C
Matériau du conducteur	$k$		
Cuivre	115	143	134
Aluminium	76	94	89

TABLEAU 54D

Valeurs de  $k$  pour conducteurs de protection constitués par les armures ou gaines de câbles

	Nature de l'isolant		
	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PRC) Éthylène propylène (EPR)	Caoutchouc butyle
Température initiale			
Température finale	160 °C	250 °C	220 °C
Matériau du conducteur	$k$		
Acier Acier/Cuivre Aluminium Plomb	Valeurs à l'étude		

TABLE 54C

*Values of k for protective conductor as a core in a multicore cable*

	Insulation material		
	PVC	XLPE EPR	Butyl rubber
Initial temperature	70 °C	90 °C	85 °C
Final temperature	160 °C	250 °C	220 °C
Material of conductor	<i>k</i>		
Copper	115	143	134
Aluminium	76	94	89

TABLE 54D

*Values of k for protective conductor as a sheath or armour of a cable*

	Insulation material		
	PVC	XLPE EPR	Butyl rubber
Initial temperature			
Final temperature	160 °C	250 °C	220 °C
Material of conductor	<i>k</i>		
Steel Steel/Copper Aluminium Lead	<i>Values under consideration</i>		

TABLEAU 54E

Valeurs de  $k$  pour conducteurs nus ne risquant pas d'endommager les matériaux voisins par les températures indiquées

Conditions		Visibles et dans des emplacements réservés*	Conditions normales	Risques d'incendie
Matériaux du conducteur				
Cuivre	Température maximale	500 °C	200 °C	150 °C
	$k$	228	159	138
Aluminium	Température maximale	300 °C	200 °C	150 °C
	$k$	125	105	91
Acier	Température maximale	500 °C	200 °C	150 °C
	$k$	82	58	50

*Note.* — La température initiale du conducteur est supposée être de 30 °C.

\* Les valeurs de température indiquées supposent qu'elles ne compromettent pas les qualités de ces connexions.

543.1.2 Les sections des conducteurs de protection ne doivent pas être inférieures à celles du tableau 54F. Dans ce cas, la vérification selon le paragraphe 543.1.1 n'est habituellement pas nécessaire.

Si l'application du tableau conduit à des valeurs non normalisées, il y a lieu d'utiliser les conducteurs ayant la section normalisée la plus proche.

TABLEAU 54F

Section des conducteurs de phase de l'installation $S$ (mm <sup>2</sup> )	Section minimale des conducteurs de protection $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$\frac{S}{2}$

Les valeurs du tableau 54F ne sont valables que si les conducteurs de protection sont constitués du même métal que les conducteurs actifs. S'il n'en est pas ainsi, les sections des conducteurs de protection sont déterminées de manière à présenter une conductibilité équivalente à celle qui résulte de l'application du tableau 54F.

543.1.3 Dans tous les cas, les conducteurs de protection qui ne font pas partie de la canalisation d'alimentation doivent avoir une section d'au moins:

- 2,5 mm<sup>2</sup> si les conducteurs de protection comportent une protection mécanique,
- 4 mm<sup>2</sup> si les conducteurs de protection ne comportent pas de protection mécanique.

*Note.* — Voir aussi le chapitre 52 concernant le choix et la mise en œuvre des conducteurs en fonction des influences externes.

TABLE 54E

Values of  $k$  for bare conductors where there is no risk of damage to any neighbouring material by the temperatures indicated

Material of conductor	Conditions	Visible and in restricted areas*	Normal conditions	Fire risk
	Temp. max. $k$			
Copper	Temp. max.	500 °C	200 °C	150 °C
	$k$	228	159	138
Aluminium	Temp. max.	300 °C	200 °C	150 °C
	$k$	125	105	91
Steel	Temp. max.	500 °C	200 °C	150 °C
	$k$	82	58	50

Note. — The initial temperature of the conductor is assumed to be 30 °C.

\* The temperatures indicated are valid only where they do not impair the quality of the connections.

543.1.2 The cross-sectional area of the protective conductor shall be not less than the appropriate value shown in Table 54F. In this case, checking of compliance with Sub-clause 543.1.1 is usually not necessary.

If the application of this table produces non-standard sizes, conductors having the nearest standard cross-sectional area are to be used.

TABLE 54F

Cross-sectional area of phase conductors of the installation $S$ (mm <sup>2</sup> )	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$\frac{S}{2}$

The values in Table 54F are valid only if the protective conductor is made of the same metal as the phase conductors. If this is not so, the cross-sectional area of the protective conductor is to be determined in a manner which produces a conductance equivalent to that which results from the application of Table 54F.

543.1.3 The cross-sectional area of every protective conductor which does not form part of the supply cable or cable enclosure shall be, in any case, not less than:

- 2.5 mm<sup>2</sup> if mechanical protection is provided,
- 4 mm<sup>2</sup> if mechanical protection is not provided.

Note. — See also Chapter 52 regarding the selection and erection of conductors and cables in relation to external influences.

## 543.2 Types de conducteurs de protection

*Note.* — Pour le choix et la mise en œuvre des conducteurs de protection, il y a lieu de tenir compte à la fois des prescriptions des chapitres 52 et 54.

### 543.2.1 Peuvent être utilisés comme conducteurs de protection:

- des conducteurs dans des câbles multiconducteurs;
- des conducteurs isolés ou nus passant dans une enveloppe commune avec les conducteurs actifs;
- des conducteurs séparés nus ou isolés;
- les revêtements métalliques, par exemple gaines, écrans, armures, etc., de certains câbles (des prescriptions complémentaires sont à l'étude);
- des conduits métalliques ou d'autres enveloppes métalliques pour les conducteurs (des prescriptions complémentaires sont à l'étude);
- certains éléments conducteurs.

### 543.2.2 Lorsque l'installation comporte des parties d'enveloppes d'ensembles montés en usine ou des canalisations préfabriquées à enveloppe métallique, ces enveloppes peuvent être utilisées comme conducteurs de protection si elles satisfont simultanément aux trois conditions suivantes:

- a) leur continuité électrique doit être réalisée de façon à être protégée contre les détériorations mécaniques, chimiques ou électrochimiques;
- b) leur conductibilité doit être au moins égale à celle résultant de l'application de l'article 543.1;
- c) elles doivent permettre le raccordement d'autres conducteurs de protection à tout endroit de dérivation prédéterminée.

### 543.2.3 Les gaines métalliques (nues ou isolées) de certaines canalisations, en particulier la gaine extérieure des conducteurs blindés à isolant minéral, et certains conduits et goulottes métalliques (types à l'étude) peuvent être utilisés comme conducteurs de protection des circuits correspondants, s'ils satisfont simultanément aux conditions a) et b) du paragraphe 543.2.2. Les autres conduits ne peuvent pas servir de conducteurs de protection.

### 543.2.4 Des éléments conducteurs peuvent être utilisés comme conducteurs de protection s'ils satisfont simultanément aux quatre conditions suivantes:

- a) leur continuité électrique doit être assurée, soit par construction, soit au moyen de connexions appropriées, de façon à être protégée contre les détériorations mécaniques, chimiques ou électrochimiques;
- b) leur conductibilité doit être au moins égale à celle résultant de l'application de l'article 543.1;
- c) ils ne doivent pouvoir être démontés que si des mesures compensatrices sont prévues;
- d) ils ont été étudiés et, si nécessaire, adaptés pour cet usage.

L'utilisation de canalisations métalliques d'eau est admise sous réserve de l'accord de l'autorité compétente. Les conduites de gaz ne doivent pas être utilisées comme conducteurs de protection.

## 543.2 Types of protective conductors

*Note.* — For the selection and erection of various types of protective conductors, account should be taken of the requirements of both Chapters 52 and 54.

### 543.2.1 Protective conductors may comprise:

- conductors in multicore cables;
- insulated or bare conductors in a common enclosure with live conductors;
- fixed bare or insulated conductors;
- metal coverings, for example, the sheaths, screens and armouring of certain cables (further requirements under consideration);
- metal conduits or other metal enclosures for conductors (further requirements under consideration);
- certain extraneous conductive parts.

### 543.2.2 Where the installation contains enclosures or frames of factory-built assemblies or metal-enclosed busbar trunking systems (busways), the metal enclosures or frames may be used as protective conductors if they simultaneously satisfy the following three requirements:

- a)* their electrical continuity shall be achieved in such a manner as to ensure protection against mechanical, chemical or electrochemical deterioration;
- b)* their conductance shall be at least equal to that resulting from the application of Clause 543.1;
- c)* they shall permit the connection of other protective conductors at every predetermined tap-off point.

### 543.2.3 The metallic covering including sheaths (bare or insulated) of certain wiring, in particular the sheaths of mineral-insulated cables, and certain metallic conduits and trunking for electrical purposes (types under consideration) may be used as a protective conductor for the corresponding circuits, if they satisfy both requirements *a)* and *b)* in Sub-clause 543.2.2. Other conduits for electrical purposes shall not be used as a protective conductor.

### 543.2.4 Extraneous conductive parts may be used as a protective conductor if they satisfy all the following four requirements:

- a)* their electrical continuity shall be assured, either by construction or by suitable connections, in such a way as to be protected against mechanical, chemical or electrochemical deterioration;
- b)* their conductance shall be at least equal to that resulting from the application of Clause 543.1;
- c)* unless compensatory measures are provided, precautions shall be taken against their removal;
- d)* they have been considered for such a use and, if necessary, suitably adapted.

The use of metallic water pipes is permitted, provided the consent of a person or body responsible for the water system is obtained. Gas pipes shall not be used as protective conductors.

543.2.5 Des éléments conducteurs ne doivent pas être utilisés comme conducteurs PEN.

### 543.3 Conservation et continuité électrique des conducteurs de protection

543.3.1 Les conducteurs de protection doivent être convenablement protégés contre les détériorations mécaniques et chimiques et les efforts électrodynamiques.

543.3.2 Les connexions doivent être accessibles pour vérification et essais, à l'exception de celles effectuées dans des boîtes remplies de matière de remplissage ou dans des joints scellés.

543.3.3 Aucun appareillage ne doit être inséré dans le conducteur de protection, mais des connexions qui peuvent être démontées à l'aide d'un outil peuvent être utilisées pour des essais.

543.3.4 Lorsqu'un dispositif de contrôle de continuité de terre est utilisé, les enroulements ne doivent pas être insérés dans les conducteurs de protection.

543.3.5 Les masses des matériels à relier aux conducteurs de protection ne doivent pas être connectées en série dans un circuit de protection, à l'exception du cas visé au paragraphe 543.2.2.

## 544. MISE À LA TERRE POUR DES RAISONS DE PROTECTION

*Note.* — Pour les mesures de protection dans les schémas TN, TT et IT, voir le chapitre 41.

### 544.1 Conducteurs de protection utilisés en liaison avec les dispositifs de protection contre les surintensités

*Note.* — Lorsque les dispositifs de protection contre les surintensités sont utilisés pour la protection contre les chocs électriques, l'incorporation des conducteurs de protection dans la même canalisation que les conducteurs actifs ou à leur proximité immédiate est fortement recommandée.

### 544.2 Prises de terre et conducteurs de protection pour dispositifs à tension de défaut

544.2.1 La prise de terre auxiliaire doit être électriquement indépendante de tous les autres éléments métalliques mis à la terre, tels qu'éléments de construction métalliques, conduites métalliques, gaines métalliques de câbles. Cette condition est considérée comme remplie si la prise de terre auxiliaire est installée à une distance spécifiée de tout élément métallique mis à la terre (valeur de la distance à l'étude).

544.2.2 La liaison à la prise de terre auxiliaire doit être isolée afin d'éviter tout contact avec le conducteur de protection ou les éléments qui lui sont reliés ou avec des éléments conducteurs qui peuvent être ou sont en contact avec eux.

*Note.* — Cette prescription est nécessaire afin d'éviter que l'élément sensible à la tension ne soit court-circuité par inadvertance.

544.2.3 Le conducteur de protection ne doit être relié qu'aux masses de ceux des appareils électriques dont l'alimentation est interrompue lorsque le dispositif de protection fonctionne dans des conditions de défaut.

### 544.3 Courants de fuite importants

Prescriptions à l'étude.

543.2.5 Extraneous conductive parts shall not be used as PEN conductors.

### 543.3 Preservation of electrical continuity of protective conductors

543.3.1 Protective conductors shall be suitably protected against mechanical and chemical deterioration and electrodynamic forces.

543.3.2 Joints of protective conductors shall be accessible for inspection and testing except in compound-filled or encapsulated joints.

543.3.3 No switching device shall be inserted in the protective conductor, but joints which can be disconnected for test purposes by use of a tool may be provided.

543.3.4 Where electrical monitoring of earth-continuity is used, the operating coils shall not be inserted in protective conductors.

543.3.5 Exposed conductive parts of apparatus shall not be used to form part of the protective conductor for other equipment except as allowed by Sub-clause 543.2.2.

## 544. EARTHING ARRANGEMENTS FOR PROTECTIVE PURPOSES

*Note.* — For protective measures for TN, TT and IT systems of earthing, see Chapter 41.

### 544.1 Protective conductors used with overcurrent protective devices

*Note.* — When overcurrent protective devices are used for protection against electric shock, the incorporation of the protective conductor in the same wiring system as the live conductors or in their immediate proximity is strongly recommended.

### 544.2 Earthing and protective conductors for fault-voltage-operated protective devices

544.2.1 An auxiliary earth electrode shall be provided electrically independent of all other earthed metal, for example, constructional metalwork, pipes, or metal-sheathed cables. This requirement is considered to be fulfilled if the auxiliary earth electrode is installed at a specified distance from all other earthed metal (value of distance under consideration).

544.2.2 The earthing conductor leading to the auxiliary earth electrode shall be insulated to avoid contact with the protective conductor or any of the parts connected thereto or extraneous conductive parts which are, or may be, in contact with them.

*Note.* — This requirement is necessary to prevent the voltage-sensitive element being inadvertently bridged.

544.2.3 The protective conductor shall be connected only to the exposed conductive parts of those items of electrical equipment whose supply will be interrupted in the event of the protective device operating under fault conditions.

### 544.3 Excessive earth-leakage currents

Requirements under consideration.

## 545. MISE À LA TERRE POUR DES RAISONS FONCTIONNELLES

### 545.1 Généralités

Les mises à la terre pour des raisons fonctionnelles doivent être réalisées de manière à assurer le fonctionnement correct du matériel et permettre un fonctionnement correct et fiable de l'installation.

(Des prescriptions complémentaires sont à l'étude.)

### 545.2 Terres sans bruit

A l'étude.

## 546. MISE À LA TERRE POUR DES RAISONS COMBINÉES DE PROTECTION ET FONCTIONNELLES

### 546.1 Généralités

Lorsque la mise à la terre est requise à la fois pour des raisons de protection et des raisons fonctionnelles, les prescriptions des mesures de protection sont prépondérantes.

### 546.2 Conducteurs PEN

546.2.1 Dans le schéma TN, lorsque, dans les installations fixes, le conducteur de protection a une section au moins égale à 10 mm<sup>2</sup> en cuivre ou en aluminium, les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre peuvent être combinées, sous réserve que la partie d'installation commune ne soit pas en aval d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel.

Toutefois, la section minimale d'un conducteur PEN peut être de 4 mm<sup>2</sup> sous réserve que le câble soit d'un type concentrique conforme aux normes de la CEI et que les connexions assurant la continuité soient doublées à tous les points de connexion sur le parcours du conducteur périphérique. Le conducteur PEN concentrique doit être utilisé depuis le transformateur et limité à une installation utilisant des accessoires conçus à cet effet.

546.2.2 Le conducteur PEN doit être isolé pour la tension la plus élevée à laquelle il peut être soumis afin d'éviter des courants vagabonds.

*Note.* — Le conducteur PEN n'a pas besoin d'être isolé à l'intérieur des ensembles d'appareillages.

546.2.3 Si, à partir de n'importe quel point de l'installation, le conducteur neutre et le conducteur de protection sont séparés, il n'est pas permis de les relier ensemble en aval de ce point. A l'endroit de la séparation, il y a lieu de prévoir des bornes ou barres séparées pour le conducteur de protection et pour le conducteur neutre. Le conducteur PEN doit être relié à la borne ou à la barre prévue pour le conducteur de protection.

## 545. EARTHING ARRANGEMENTS FOR FUNCTIONAL PURPOSES

### 545.1 General

Earthing arrangements for functional purposes shall be provided to ensure correct operation of equipment or to permit reliable and proper functioning of installations.

(Further requirements under consideration.)

### 545.2 Low noise

Under consideration.

## 546. EARTHING ARRANGEMENTS FOR COMBINED PROTECTIVE AND FUNCTIONAL PURPOSES

### 546.1 General

Where earthing for combined protective and functional purposes is required, the requirements for protective measures shall prevail.

### 546.2 PEN conductors

546.2.1 In TN systems, for cables in fixed installations having a cross-sectional area not less than 10 mm<sup>2</sup> for both copper and aluminium, a single conductor may serve both as protective conductor and neutral conductor, provided that the part of the installation concerned is not protected by a residual current-operated device.

However, the minimum cross-sectional area of a PEN conductor may be 4 mm<sup>2</sup>, provided that the cable is of a concentric type conforming to IEC standards and that duplicate continuity connections exist at all joints and terminations in the run of the concentric conductors.

546.2.2 The PEN conductor shall be insulated for the highest voltage to which it may be subjected to avoid stray currents.

*Note.* — The PEN conductor need not be insulated inside switchgear and controlgear assemblies.

546.2.3 If from any point of the installation the neutral and protective functions are provided by separate conductors, it is inadmissible to connect these conductors to each other from that point. At the point of separation, separate terminals or bars shall be provided for the protective and neutral conductors. The PEN conductor shall be connected to the terminal or bar intended for the protective conductor.