

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60621-2

Deuxième édition
Second edition
1987

**Installations électriques pour chantiers extérieurs
soumis à des conditions sévères (y compris
mines à ciel ouvert et carrières)**

**Deuxième partie:
Prescriptions générales de protection**

**Electrical installations for outdoor sites under
heavy conditions (including open-cast mines
and quarries)**

**Part 2:
General protection requirements**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60621-2: 1987

Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

Les renseignements relatifs à 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**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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.

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

Numbering

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

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

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

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

Information on the 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**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

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.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60621-2

Deuxième édition
Second edition
1987

**Installations électriques pour chantiers extérieurs
soumis à des conditions sévères (y compris
mines à ciel ouvert et carrières)**

**Deuxième partie:
Prescriptions générales de protection**

**Electrical installations for outdoor sites under
heavy conditions (including open-cast mines
and quarries)**

**Part 2:
General protection requirements**

© IEC 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
 CHAPITRE I: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS 	
Articles	
Introduction	6
1. Prescriptions générales	6
2. Protection totale au moyen de barrières ou d'enveloppes	6
3. Protection totale par isolation des parties actives	12
4. Protection partielle par mise hors de portée par éloignement des parties actives	14
5. Protection partielle au moyen d'obstacles	14
6. Distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien dans les installations intérieures	14
7. Distances d'isolement minimales pour les installations extérieures	18
 CHAPITRE II: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS EN COURANT ALTERNATIF 	
Introduction	30
8. Généralités	30
9. Description des schémas TN, TT et IT	34
10. Mesures de protection pour schémas TN	42
11. Mesures de protection pour schémas TT	48
12. Mesures de protection pour schémas IT	50
13. Prescriptions relatives aux dispositifs limitant les courants de défaut à la terre	52
14. Mises à la terre et conducteurs de protection	54
 CHAPITRE III: PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS ET LES COURANTS DE DÉFAUT 	
Introduction	70
15. Règle générale	70
16. Nature des dispositifs de protection	70
17. Coupure automatique — Protection contre les surintensités dues à des surcharges	72
18. Coupure automatique — Protection contre les courts-circuits	76
19. Coordination des mesures de protection contre la surcharge et contre les courts-circuits	80
20. Limitations des surintensités par les caractéristiques d'alimentation ou de charge	82
 CHAPITRE IV: CHOIX DES DISPOSITIFS DE PROTECTION ET DES SYSTÈMES DE PROTECTION 	
Introduction	84
21. Prescriptions fondamentales	84
22. Procédure pour le choix	84
23. Sélectivité entre dispositifs de protection	88
ANNEXE A — Choix du facteur k entrant dans le calcul de la section minimale des conducteurs de protection	92
ANNEXE B — Description de certains dispositifs de protection et de leur utilisation	98

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 CHAPTER I: PROTECTION AGAINST DIRECT CONTACT 	
Clause	
Introduction	7
1. General requirements	7
2. Complete protection by means of barriers or enclosures	7
3. Complete protection by insulation of live parts	13
4. Partial protection by placing live parts out of reach	15
5. Partial protection by the provision of obstacles	15
6. Minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways for indoor installations	15
7. Minimum clearances for outdoor installations	19
 CHAPTER II: PROTECTION AGAINST INDIRECT CONTACT—A.C. 	
Introduction	31
8. General	31
9. TN, TT and IT systems description	35
10. Protective measures for TN systems	43
11. Protective measures for TT systems	49
12. Protective measures for IT systems	51
13. Requirements for earth fault current limitation devices	53
14. Earthing arrangements and protective conductors	55
 CHAPTER III: PROTECTION AGAINST OVERCURRENT AND FAULT CURRENT 	
Introduction	71
15. General rule	71
16. Nature of protective devices	71
17. Automatic interruption—Protection against overcurrent due to overload	73
18. Automatic interruption—Protection against short circuits	77
19. Co-ordination of overload and short-circuit protection	81
20. Limitation of overcurrent by characteristics of supply or load	83
 CHAPTER IV: THE SELECTION OF PROTECTIVE DEVICES AND PROTECTION SYSTEMS 	
Introduction	85
21. Basic requirements	85
22. Selection procedure	85
23. Discrimination between protective devices	89
APPENDIX A — Selection of factor k for calculating the minimum cross-sectional area of protective conductors	93
APPENDIX B — Description of certain types of protective devices and their uses	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS
SOUMIS À DES CONDITIONS SÉVÈRES
(Y COMPRIS MINES À CIEL OUVERT ET CARRIÈRES)**

Deuxième partie: Prescriptions générales 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° 71, de la CEI: Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières).

Le texte de la présente norme constitue une refonte rédactionnelle de l'édition de 1978 de la Publication 621-2 de la CEI, à laquelle ont été ajoutés:

- le premier complément (Publication 621-2A) (1981);
- la modification n° 1 (décembre 1984);
- la modification n° 2 (avril 1986);
- le document 71(Bureau Central)34.

Dans certains cas, il a paru nécessaire de modifier la désignation des articles, tableaux, figures, etc., qui figuraient dans l'édition de 1978 pour ajouter les matériaux additionnels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
71(BC)5	71(BC)12
71(BC)8	71(BC)13
71(BC)16	71(BC)21
71(BC)18	71(BC)22
71(BC)25	71(BC)27
71(BC)28	71(BC)31
71(BC)34	71(BC)38

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n°s 255-20 (1984): Relais électriques. Vingtième partie: Systèmes de protection.

269: Fusibles basse tension.

364: Installations électriques des bâtiments.

364-3 (1977): Troisième partie: Détermination des caractéristiques générales.

364-4-41 (1982): Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité. Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques.

529 (1976): Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes.

621-4 (1981): Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières), Quatrième partie: Règles d'installation.

815 (1986): Guide pour le choix des isolateurs sous pollution.

000: Systèmes de protection. (En préparation).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR OUTDOOR SITES UNDER HEAVY CONDITIONS (INCLUDING OPEN-CAST MINES AND QUARRIES)

Part 2: General protection requirements

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. 71, Electrical Installations for Outdoor Sites Under Heavy Conditions (Including Open-cast Mines and Quarries).

The text of this standard represents an editorial consolidation of the 1978 edition of IEC Publication 621-2 to incorporate the following:

- First Supplement (Publication 621-2A) (1981);
- Amendment No. 1 (December 1984);
- Amendment No. 2 (April 1986);
- Document 71(Central Office)34.

It has been necessary in some instances to change the designations of clauses, tables, figures, etc., which applied in the 1978 edition in order to incorporate the additional material.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
71(CO)5	71(CO)12
71(CO)8	71(CO)13
71(CO)16	71(CO)21
71(CO)18	71(CO)22
71(CO)25	71(CO)27
71(CO)28	71(CO)31
71(CO)34	71(CO)38

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 255-20 (1984): Electrical relays, Part 20: Protection (protective) systems.
 269: Low-voltage fuses.
 364: Electrical installations of buildings.

364-3 (1977): Part 3: Assessment of general characteristics.

364-4-41 (1982): Part 4: Protection for safety, Chapter 41: Protection against electric shock.

529 (1976): Classification of degrees of protection provided by enclosures.

621-4 (1981): Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions (including open-cast mines and quarries), Part 4: Requirements for the installation.

815 (1986): Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.

000: Protection (protective) systems. (In preparation.)

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS SOU MIS À DES CONDITIONS SÉVÈRES (Y COMPRIS MINES À CIEL OUVERT ET CARRIÈRES)

Deuxième partie: Prescriptions générales de protection

CHAPITRE I: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

(Protection contre les chocs électriques en service normal)

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, les prescriptions à suivre en vue de la protection contre les contacts directs sont décrites pour toutes les installations dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V, et pour celles dont la tension est supérieure à 1 000 V. Les prescriptions relatives aux installations dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V sont tirées essentiellement de la Publication 364 de la CEI, dans les cas où elles sont applicables.

1. Prescriptions générales

A l'exception des cas prévus par le paragraphe 1.1, la protection contre les contacts directs sera obtenue en appliquant les prescriptions contenues dans l'article 6 et dans l'un des articles 2, 3, 4 ou 5.

1.1 Exceptions aux prescriptions générales

a) Limitation de la tension

La protection contre les contacts directs est considérée comme assurée lorsqu'on utilise une «très basse tension de sécurité» ou une «très basse tension fonctionnelle». Se reporter à la Publication 364-4-41 de la CEI.

b) Limitation de la décharge d'énergie

A l'étude.

c) Conducteurs neutres et de protection

La protection contre les contacts directs, pour les conducteurs neutres et de protection, est considérée comme assurée lorsque lesdits conducteurs sont installés selon les détails donnés par les paragraphes applicables (voir paragraphes 8.1, 10.5, 11.1 et 12.2).

2. Protection totale au moyen de barrières ou d'enveloppes

Les barrières ou enveloppes sont destinées à empêcher le contact de personnes ou d'animaux d'élevage avec les parties actives de l'installation électrique.

Les distances d'isolement minimales dans l'air entre conducteurs nus en plein air et entre de tels conducteurs et parties mises à la terre (barrières et enveloppes) doivent être conformes à celles qui sont indiquées aux tableaux I ou II. Ces distances n'ont pas besoin d'être appliquées à l'intérieur d'appareils électriques, d'appareils de connexion ou d'ensembles fabriqués, ni lorsque l'installation doit satisfaire à d'autres normes.

ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR OUTDOOR SITES UNDER HEAVY CONDITIONS (INCLUDING OPEN-CAST MINES AND QUARRIES)

Part 2: General protection requirements

CHAPTER I: PROTECTION AGAINST DIRECT CONTACT

(Protection against electric shock in normal service)

INTRODUCTION

In this chapter, the requirements for protection against direct contact are described for all installations with voltages up to and including 1 000 V and with those above 1 000 V. The requirements for installations for voltages up to 1 000 V are taken over essentially from IEC Publication 364, as applicable.

1. General requirements

Except as provided in Sub-clause 1.1, protection against direct contact shall be provided by compliance with the requirements contained in Clause 6 and in one of Clauses 2, 3, 4 or 5.

1.1 Exceptions to the general requirements

a) Limitation of voltage

Protection against direct contact is deemed to be ensured where a protective measure "safety extra low voltage" or "functional extra low voltage" is used. Refer to IEC Publication 364-4-41.

b) Limitation of discharge of energy

Under consideration.

c) Neutral and protective conductors

Protection against direct contact for neutral and protective conductors is deemed to be ensured when such conductors are installed in accordance with the applicable sub-clauses (see Sub-clauses 8.1, 10.5, 11.1 and 12.2).

2. Complete protection by means of barriers or enclosures

Barriers or enclosures are intended to prevent contact of persons or livestock with live parts of the electrical installation.

The minimum electrical clearance distances in air between field-installed bare conductors and between such conductors and earthed parts (such as barriers and enclosures) shall be in accordance with Tables I or II. The clearance distances in these tables need not apply within electrical apparatus, wiring devices or manufactured assemblies nor when the installation is covered by other standards.

TABLEAU I

Distances d'isolement dans l'air pour installations intérieures

Valeur efficace maximale de tension nominale de fonctionnement (kV)	1	3	6	10	20	30	45	60	110
Distance minimale pour installations exposées à des surtensions (mm)	40	65	90	115	215	325	520	700	1 100
Distance minimale pour installations protégées contre les surtensions ou raccordées à des câbles (mm)	40	60	70	90	160	270	380	520	950

TABLEAU II

Distances d'isolement dans l'air pour installations extérieures

Valeur efficace maximale de tension nominale de fonctionnement (kV)	10	20	30	45	60	110	150	220
Distance minimale pour installations exposées à des surtensions (mm)	150	215	325	520	700	1 100	1 550	2 200
Distance minimale pour installations protégées contre les surtensions ou raccordées à des câbles (mm)	150	160	270	380	520	950	1 350	1 850

Ces tableaux tiennent compte du fait que la tension du réseau peut varier jusqu'à 20% de la tension nominale de fonctionnement.

Les tableaux peuvent être employés pour indiquer les distances d'isolement dans l'air entre conducteurs et terre dans un schéma TN ou TT, pour la tension entre phase et terre.

Ces distances d'isolement minimales dans l'air ne tiennent pas compte de facteurs tels que lignes de fuite, différents niveaux de tension dans la même région, conditions climatiques défavorables, etc.

Les lignes de fuite entre les conducteurs actifs installés sur site et les parties mises à la terre, telles que des barrières ou des enveloppes, ne doivent pas être inférieures à la valeur prescrite dans le tableau III suivant le degré de pollution prévu.

Les lignes de fuite indiquées dans le tableau III doivent être multipliées par le rapport de la tension (U) entre phases à la tension (U) entre phase et terre ($\sqrt{3}$ dans une installation triphasée) dans les cas suivants:

- a) lorsque le schéma IT est utilisé;
- b) lorsque des isolateurs sont disposés entre phases, par exemple des espaceurs de phases.

TABLE I

Clearance distances for indoor installations

Maximum r.m.s. value of rated operating voltage (kV)	1	3	6	10	20	30	45	60	110
Minimum distance for installations subject to overvoltages (mm)	40	65	90	115	215	325	520	700	1 100
Minimum distance for installations protected against overvoltages or connected to cables (mm)	40	60	70	90	160	270	380	520	950

TABLE II

Clearance distances for outdoor installations

Maximum r.m.s. value of rated operating voltage (kV)	10	20	30	45	60	110	150	220
Minimum distance for installations subject to overvoltages (mm)	150	215	325	520	700	1 100	1 550	2 200
Minimum distance for installations protected against overvoltages or connected to cables (mm)	150	160	270	380	520	950	1 350	1 850

These tables take into consideration the fact that the system voltage may vary up to 20% from the rated operating voltage.

The tables may be used to indicate clearance distances between conductors and earth in a TN or TT system by using the phase-to-earth voltage.

These minimum clearance distances do not take into consideration such factors as creepage distances, different voltage levels in the same area nor extreme environmental conditions etc.

The creepage distances between field-installed live conductors and earthed parts, such as barriers and enclosures, shall be not less than the value prescribed in Table III appropriate to the degree of pollution expected.

The creepage distances given in Table III shall be multiplied by the ratio $U_{\text{phase-to-phase}}/U_{\text{phase-to-earth}}$ ($\sqrt{3}$ for a three-phase system) for the following cases:

- where IT systems are used;
- where insulators are used between phases, for example phase spacers.

TABLEAU III

Rapport entre les degrés de pollution et les lignes de fuites

Degré de pollution	Principales caractéristiques (voir notes 1, 2 et 3)	Valeur minimale de la ligne de fuite nominale entre phase et terre (mm/kV entre phases) (voir notes 4, 5 et 6 ci-dessous)
I Faible	Aucune pollution, ou seulement une pollution sèche et non conductrice, ne se produit. La pollution n'a pas d'influence	16
II Moyen	Normalement, seule une pollution non conductrice se produit. Toutefois, une conductivité temporaire causée par de la condensation peut se produire occasionnellement	20
III Fort	Une pollution conductrice ou sèche et non conductrice, mais devenant conductrice par la condensation, se produit	25
IV Très fort	La pollution produit une conductivité permanente résultant, par exemple, de la poussière conductrice, de la pluie ou de la neige	31

Notes 1. — Il est entendu que toute classification des caractéristiques de pollution ne peut décrire la plage complète des pollutions possibles; il peut donc être nécessaire, dans des cas particuliers, d'augmenter les lignes de fuite pour la pollution spéciale rencontrée. Il y a alors lieu de prendre en considération la possibilité de modifier les niveaux de pollution en fonction des changements de saisons et des conditions climatiques exceptionnelles.

2. — Sauf pour le degré de pollution I, il y a toujours lieu de considérer la condensation de l'eau provenant:

- soit de la température de la surface de l'isolation tombant au-dessous du point de rosée de l'air environnant,
- soit de la poussière hygroscopique ou de la contamination du sel provoquant un dépôt mouillé à une humidité relative basse.

3. — Des poussières conductrices peuvent provenir de l'environnement (par exemple le minerai extrait ou traité) ou de l'intérieur d'une enveloppe (par exemple de la poussière provenant de balais en charbon ou métalliques).

4. — Les valeurs du tableau III ont été déduites de résultats d'essais sur des isolateurs en porcelaine normale et en verre. Pour plus de détails sur le choix des isolateurs, voir la Publication 815 de la CEI.

5. — Pour les lignes de fuite réelles, les tolérances de fabrication spécifiées sont applicables (voir les publications correspondantes de la CEI).

6. — Tension correspondant à la plus haute tension pour le matériel (phase-phase).

2.1 Protection contre les parties actives

Toutes les parties actives doivent être placées à l'intérieur d'enveloppes ou derrière des barrières assurant au moins un degré de protection établi selon les données du tableau IV.

2.2 Solidité et stabilité des barrières et enveloppes

Toutes les barrières et enveloppes doivent être fixées solidement. Compte tenu de leur nature, de leurs dimensions et de leur disposition, elles doivent être d'une robustesse et d'une durabilité suffisantes pour résister efficacement aux efforts ou aux pressions susceptibles de se présenter en service normal.

2.3 Accès aux installations

Lorsqu'il est nécessaire de prévoir l'enlèvement des barrières, l'ouverture des enveloppes ou la suppression de parties d'enveloppes (portes, boîtiers, couvercles, etc.), cette opération ne doit pouvoir se faire qu'à l'une des conditions suivantes:

TABLE III

Relation between degrees of pollution and creepage distances

Pollution degree	Significant characteristics (see Notes 1, 2 and 3)	Minimum specific nominal creepage distance between phase and earth (mm/phase-to-phase kV) (see Notes 4, 5 and 6)
I Light	No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence	16
II Medium	Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected	20
III Heavy	Conductive pollution occurs, or dry, non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation	25
IV Very heavy	The pollution generates persistent conductivity caused, for instance, by conductive dust or by rain or snow	31

Notes 1. — It should be realized that any tabulation of pollution characteristics cannot cover the complete range of pollution possible and hence it may be necessary, in particular cases, to increase creepage distances for the special pollution encountered. Consideration should also be given to the possibility of varying pollution levels due to seasonal changes and exceptional climatic conditions.

2. — Except for Pollution Degree I, condensation of water should always be considered arising from either:

- a) the temperature of the insulation surface falling below the dew-point of the surrounding air, or
- b) hygroscopic dust or salt contamination causing moisture to deposit at low relative humidity.

3. — Conductive dust may originate from the environment (e.g. material being mined or processed), or from within an enclosure (e.g. dust from carbon or metallic brushes).

4. — The creepage distances in Table III have been derived from test data for normal porcelain and glass insulators. For more detailed guidance on the selection of insulators, see IEC Publication 815.

5. — For the actual creepage distance, the specified manufacturing tolerances are applicable (see relevant IEC publications).

6. — Voltage corresponding to the highest voltage for equipment (phase-to-phase).

2.1 *Protection from live parts*

All live parts shall be inside enclosures or behind barriers providing at least the degree of protection in accordance with Table IV.

2.2 *Strength and stability of barriers and enclosures*

Barriers and enclosures shall be firmly secured in place. Taking into account their nature, size and arrangement, they shall have sufficient stability and durability to resist the strains and stresses likely to occur in normal service.

2.3 *Access to installation*

Where it is necessary to make provision for the removal of barriers, the opening of enclosures, or the withdrawal of parts of enclosures (doors, casings, lids, covers and the like), this shall be in accordance with one of the following items:

a) *Clé ou outil*

L'enlèvement, l'ouverture ou la suppression des barrières ou des enveloppes doivent nécessiter l'emploi d'une clé ou d'un outil.

b) *Dispositif de verrouillage*

Un dispositif de verrouillage doit être prévu de façon que l'enlèvement, l'ouverture ou la suppression sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil ne puissent s'effectuer sans que, au préalable, soient déconnectées toutes les parties actives se trouvant derrière la barrière ou l'enveloppe, parties qui pourraient être touchées accidentellement. La tension ne doit pouvoir être rétablie que lorsque la barrière ou l'enveloppe a été remise en place ou refermée.

Il doit être prévu un dispositif de décharge d'énergie accumulée dans les condensateurs ou les réseaux de câbles lorsqu'il est à craindre un risque de choc électrique.

c) *Coupure automatique de l'alimentation*

L'enlèvement, l'ouverture ou la suppression sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil doivent entraîner la déconnexion automatique du réseau avant qu'il ne soit possible de toucher accidentellement toute partie active placée derrière la barrière ou l'enveloppe. La tension ne doit pouvoir être rétablie que lorsque la barrière ou l'enveloppe a été remise en place ou refermée.

d) *Ecran interne d'interposition*

On devra installer un écran interne d'interposition de telle façon qu'il ne puisse y avoir aucun contact avec l'une quelconque des parties actives lorsque la barrière ou l'enveloppe est enlevée. Cet écran doit répondre aux prescriptions des paragraphes 2.1 (sauf toutefois pour les cas prévus au point e) ci-dessous) et 2.2; il sera fixé solidement en position ou sera mobile de manière à prendre sa place au moment où la barrière ou l'enveloppe s'enlève. On ne pourra retirer cet écran qu'au moyen d'un outil ou d'une clé.

Cet écran peut, par exemple, se présenter comme un volet de protection coulissant qui vient masquer les contacts d'amenée de courant, dans le cas d'un ensemble déconnectable.

e) *Accès aux coupe-circuit à fusibles ou aux lampes*

Dans le cas où une partie quelconque placée derrière la barrière ou l'enveloppe est l'objet d'opérations occasionnelles (telles que le remplacement d'une lampe ou d'un élément de coupe-circuit à fusibles), l'enlèvement, l'ouverture ou la suppression des barrières ou enveloppes sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil, et sans déconnexion, ne doivent être possibles que si les conditions suivantes sont simultanément remplies:

- i) Une deuxième barrière, disposée à l'intérieur de la barrière ou de l'enveloppe, doit empêcher toute personne d'entrer accidentellement en contact avec une partie active non protégée par une autre mesure de protection.

Cependant, il n'est pas nécessaire que cette deuxième barrière empêche une personne d'entrer volontairement en contact avec les parties actives en la contournant avec la main. Il est néanmoins obligatoire que cette deuxième barrière ne puisse être enlevée sans l'utilisation d'un outil ou d'une clé.

- ii) La tension de toute partie active derrière la deuxième barrière ne doit pas dépasser 660 V.

3. Protection totale par isolation des parties actives

Cette isolation est destinée à empêcher tout contact de personnes ou d'animaux d'élevage avec les parties actives d'une installation électrique.

a) Key or tool

Removal, opening or withdrawal shall necessitate the use of a key or tool.

b) Interlocking device

An interlocking device shall be provided so that removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool necessitates previous switching off of all live parts behind the barrier or enclosure which might be touched accidentally. Restoration of supply shall be possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures.

Provision shall be made for the discharge of stored energy in capacitors or cable systems where they are likely to give rise to the risk of electric shock.

c) Automatic disconnection

Removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool shall initiate automatic switching off before live parts behind the barrier or enclosure can be touched accidentally. Restoration of supply shall be possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures.

d) Internal interposing screen

An internal interposing screen shall be so positioned that none of the live parts can be touched while the barrier or enclosure is removed. The screen shall meet the requirements in Subclauses 2.1 (except as provided in Item e) below) and 2.2, it may be either firmly secured in place or slid into place at the moment the barrier or enclosure is removed. It shall not be removable except by means of a tool or key.

Such a screen may be a protective shutter which, in the case of a disconnectable assembly, slides into place in front of the feed line contacts.

e) Access to fuses or lamps

Where any parts behind the barrier or enclosure need occasional handling (such as the replacement of a lamp or of a fuse-link) the removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool and without switching off shall be possible only if the following conditions are simultaneously fulfilled:

- i)* A second barrier shall be provided inside that barrier or enclosure so as to prevent persons from coming accidentally into contact with live parts not protected by another protective measure.

However, this second barrier need not prevent persons from coming intentionally into contact with live parts by bypassing it with the hand. Nevertheless, it shall not be possible to remove the second barrier except through the use of a key or tool.

- ii)* the voltage of all live parts behind the second barrier shall not exceed 660 V.

3. Complete protection by insulation of live parts

The insulation is intended to prevent any contact of persons or livestock with live parts of the electrical installation.

3.1 *Degré d'isolation*

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

3.2 *Type d'isolation*

L'isolation doit être conforme aux prescriptions applicables au matériel électrique.

4. **Protection partielle par mise hors de portée par éloignement des parties actives**

La mise hors de portée par éloignement est conçue de façon à empêcher les contacts involontaires avec des parties actives.

Voir le tableau IV.

- 4.1 La protection contre les chocs électriques en service normal par la mise hors de portée par éloignement des parties actives, dans toutes les directions, est considérée comme assurée si la distance séparant les parties qui ne sont pas accessibles simultanément est inférieure à la distance minimale indiquée dans le tableau V, correspondant à la tension considérée.

Dans le cas où l'espace normalement occupé par des personnes est limité par un obstacle qui offre un degré de protection inférieur à IP2X, les distances spécifiées seront mesurées à partir de cet obstacle.

Comme exemples de tels obstacles, on peut citer: mains courantes, grillages, barrières de protection partielle.

5. **Protection partielle au moyen d'obstacles**

Une protection partielle, assurée au moyen d'obstacles, est destinée à empêcher les contacts involontaires avec des parties actives, mais non les contacts volontaires par contournement des obstacles avec la main (voir le tableau IV).

- 5.1 La protection contre les chocs électriques en service normal au moyen d'obstacles est considérée comme assurée dans les cas où ces obstacles empêchent:

- soit une approche physique involontaire des parties actives, par exemple au moyen de barrières de protection, de mains courantes ou d'obstacles analogues;
- soit un contact involontaire avec les parties actives lors d'interventions en cours d'exploitation sur des parties sous tension, par exemple au moyen d'écrans ou de poignées de protection sur les coupe-circuit à fusibles.

Cet obstacle peut être amovible sans l'emploi d'une clé ou d'un outil, mais doit être fixé d'une façon telle qu'on ne puisse le retirer involontairement.

6. **Distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien dans les installations intérieures**

Ces distances minimales sont destinées à procurer une protection contre les contacts directs tout en permettant la circulation dans les passages pour les besoins de service et d'entretien.

6.1 *Distances minimales*

Pour les installations intérieures, les distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien doivent être conformes au tableau V.

Note. — Les règlements locaux peuvent prescrire des valeurs plus élevées.

3.1 *Degree of insulation*

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

3.2 *Type of insulation*

The insulation shall comply with the relevant requirements for the electrical equipment.

4. **Partial protection by placing live parts out of reach**

Placing out of reach is designed to prevent unintentional contact with live parts.

See Table IV.

- 4.1 Protection against electric shock in normal service by placing live parts so as to be out of reach from all directions is considered to be ensured if no simultaneously accessible live parts are at distances less than the minimum stated in Table V for the appropriate voltage.

If the extent of locations normally occupied by persons is limited by an obstacle which affords a degree of protection less than IP2X, the distance specified shall extend from this obstacle.

Examples of such obstacles are handrails, open mesh screens and partial protective barriers.

5. **Partial protection by the provision of obstacles**

Partial protection by the interposition of obstacles is designed to prevent unintentional contact with live parts, but not intentional contact as may result when a person deliberately tries to circumvent the obstacles with his hand (see Table IV).

- 5.1 Protection against electric shock in normal service by the provision of obstacles is considered to be ensured if such obstacles prevent either:
- an unintentional bodily approach to live parts, this being achieved by, for example, protective barriers, handrails or such partitions; or
 - an unintentional contact with live parts when live equipment is handled during operation, for example by the provision of screens or by protective handles on fuses.

The obstacle may be removable without the use of a tool or key, but it shall be secured in place in such a manner as to prevent involuntary removal.

6. **Minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways for indoor installations**

Minimum distances are intended to provide protection against direct contact while permitting access to and from gangways for operating and maintenance purposes.

6.1 *Minimum distances*

For indoor installations, the minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways shall be in accordance with Table V.

Note. — Local legislative requirements may specify larger values.

TABEAU IV

*Degrés de protection minimaux contre les contacts directs au moyen de barrières ou d'enveloppes
(applicable aux parties actives seulement)*

Domaine de tension (en courant alternatif)	Dans les zones d'opération	Dans les zones d'opération électrique	Dans les zones d'opération électrique fermées
$50 < U \leq 1\,000\text{ V}$	Protection complète IP2X ou IP4X pour des surfaces supérieures ou des barrières ou enveloppes facilement accessibles. Cela s'applique en particulier aux parties d'enveloppe dont on peut se servir comme plate-forme **	Protection partielle IP1X* si $U \leq 660\text{ V}$ ou si des parties sous différentes tensions, qui ne sont pas simultanément accessibles, sont situées dans le volume d'accessibilité Protection complète IP2X si $U > 660\text{ V}$ ou IP4X si $U > 660\text{ V}$ pour des surfaces supérieures ou des bar- rières/enveloppes facilement accessibles Cela s'applique en particulier aux parties d'enveloppes dont on peut se servir comme plate-forme **	Pas de protection IP0X si $U \leq 660\text{ V}$ Protection partielle IP1X* si $U > 660\text{ V}$ ou si des parties sous différentes tensions, qui ne sont pas simultanément accessi- bles, sont situées dans le volume d'accessibilité **
$U > 1\,000\text{ V}$	Protection complète IP5X dans le volume d'acces- sibilité (au toucher) Protection partielle IP2X hors du volume d'acces- sibilité	Protection complète IP5X dans le volume d'acces- sibilité (au toucher) Protection partielle IP1X* hors du volume d'acces- sibilité	Protection partielle IP1X*

U = tension nominale entre phases de l'installation.

* Dans les zones d'opération électrique et les zones d'opération électrique fermées, le degré de protection est considéré comme équivalent à IP1X si les éléments sont placés hors du volume d'accessibilité ou si leur accès est défendu par des obstacles tels que des barrières de protection ou des mains courantes (voir les articles 4 et 5).

** L'utilisation d'une prise de courant au sol n'est pas interdite mais ces prises doivent être couvertes lorsqu'elles ne sont pas en utilisation.

Notes 1. — En ce qui concerne les détails sur les classifications IP, voir la Publication 529 de la CEI. Telle qu'elle est utilisée dans la présente norme, la classification IP n'est utilisée que pour spécifier le degré de protection nécessaire pour protéger les personnes contre le contact avec des parties actives. Une protection supplémentaire peut être exigée en ce qui concerne la protection contre le contact avec des pièces en mouvement ou pour empêcher la pénétration de corps solides étrangers, tels que la poussière.

2. Dans le cas du courant continu, les domaines de tensions du tableau ci-dessus peuvent être augmentés dans la proportion de 1,5, c'est-à-dire que les domaines ont pour limite 1 500 V.

6.2 Largeur minimale

S'il n'est pas possible d'observer les distances spécifiées on peut réduire les largeurs indiquées au tableau V, à condition que le degré de protection soit supérieur ou égal à IP4X. La largeur minimale peut être réduite à 375 mm pour des passages restreints de longueurs inférieures ou égales à 2 m.

6.3 Accès

Pour déterminer l'accès aux passages de service et d'entretien, on se conformera à ce qui suit:

TABLE IV

*Minimum protection against direct contact by barriers or enclosures
(applicable to live parts only)*

Voltage band (a.c.)	Within operating areas	Within electrical operating areas	Within closed electrical operating areas
$50 < U \leq 1\,000\text{ V}$	Complete protection IP2X or IP4X for top surfaces or barriers or enclosures which are readily accessible. This applies in particular to those parts of enclosures which might serve as a standing surface **	Partial protection IP1X* if $U \leq 660\text{ V}$ or no simultaneously accessible parts at different voltages are situated within arm's reach Complete protection IP2X if $U > 660\text{ V}$ or IP4X if $U > 660\text{ V}$ for top surfaces or barriers or enclosures which are readily accessible This applies in particular to those parts of enclosures which might serve as a standing surface **	No protection IP0X if $U \leq 660\text{ V}$ Partial protection IP1X* if $U > 660\text{ V}$ or no simultaneously accessible parts at different voltages are situated within arm's reach **
$U > 1\,000\text{ V}$	Complete protection IP5X within arm's reach Partial protection IP2X beyond arm's reach	Complete protection IP5X within arm's reach Partial protection IP1X* beyond arm's reach	Partial protection IP1X*

U = rated voltage of the installation between lines.

* For electrical operating areas and closed electrical operating areas, protection equivalent to IP1X is also considered to be achieved by placing out of reach or by the interposition of obstacles, for example, by means of protective barriers or handrails (see Clauses 4 and 5).

** The use of floor plug and socket connectors is not precluded but such sockets shall be covered when not in use.

Notes 1. — For details on IP classifications, see IEC Publication 529. As used in the present standard, the IP classification is intended to specify only the degree of protection required to protect persons from contact with live parts. Additional protection may be required for protection from contact with moving parts or to prevent ingress of solid foreign bodies, such as dust.

2. — In the case of d.c. voltages, the voltage bands in the above table may be increased in the ratio of 1:1.5, namely, up to 1 500 V.

6.2 Minimum widths

If it is not practical to achieve the specified clearances, values less than the widths shown in Table V may be used provided the degree of protection is equal to or greater than IP4X. In such cases the minimum width may be reduced to 375 mm for restricted gangways for lengths up to 2 m.

6.3 Access

Access to and from maintenance and operating gangways shall be in accordance with the following:

a) *Cas où la tension est inférieure ou égale à 1 000 V*

Dans les installations où le régime nominal de la tension de service ne dépasse pas 1 000 V, on devra pouvoir accéder par les deux extrémités à tout passage de service ou d'entretien dont la longueur dépasse 20 m. Si la longueur est inférieure à 20 m mais supérieure à 6 m, il est recommandé de prévoir une possibilité d'accès par les deux extrémités.

b) *Cas où la tension est supérieure à 1 000 V*

Dans les installations où le régime nominal de la tension de service est au-dessus de 1 000 V, on devra pouvoir accéder par les deux extrémités à tout passage de service ou d'entretien dont la longueur dépasse 6 m.

Pour les passages très longs, on recommande des voies d'accès supplémentaires.

c) *Portes d'accès*

Il est recommandé que les portes d'accès aux passages répondent aux caractéristiques suivantes:

i) *elles doivent s'ouvrir vers l'extérieur;*

Note. — Les locaux surpressés et autres locaux spéciaux peuvent avoir besoin de portes s'ouvrant vers l'intérieur.

ii) *on doit pouvoir les ouvrir sans avoir à se servir de ses mains;*

iii) *il doit y avoir une surface libre d'au moins 1,5 m² à l'extérieur de la porte, surface dont la longueur et la largeur doivent être approximativement égales.*

7. Distances d'isolement minimales pour les installations extérieures

7.1 Application

Cet article définit les distances d'isolement minimales dans les installations extérieures entre parties actives nues en site propre et:

a) *clôture entourant de telles parties actives (voir paragraphe 7.2),*

b) *zones à l'intérieur des clôtures auxquelles le personnel a normalement accès (voir paragraphe 7.3),*

c) *barrières installées à l'intérieur des clôtures pour limiter l'accès du personnel aux parties actives (voir paragraphe 7.4).*

Les distances d'isolement minimales sont basées sur une accessibilité des personnes à 2 300 mm, au-dessus du sol, mais peuvent ne pas empêcher une personne d'atteindre la zone d'amorçage.

Lorsque les parties actives sont constituées de lignes aériennes, des précautions doivent être prises pour s'assurer que les distances d'isolement minimales ne sont pas réduites par la flèche des conducteurs, les efforts du vent, les efforts de court-circuit, ou la rupture d'un isolateur lorsqu'on utilise plusieurs chaînes d'isolateurs en parallèle.

7.2 Distances d'isolement minimales par rapport aux clôtures

Les clôtures entourant les parties actives nues doivent avoir une hauteur d'au moins 1 800 mm. La clôture doit être installée de telle manière que les parties actives soient en dehors de la zone définie par la figure 1, page 26, et le tableau VI en tenant compte de la nature de la clôture utilisée.

Note. — La hauteur minimale de la clôture et les distances d'isolement minimales par rapport aux parties actives sont fondées sur les considérations de protection contre les contacts directs. Des mesures complémentaires peuvent être nécessaires pour limiter l'accès.

a) For voltages up to and including 1 000 V

For installations having a rated operating voltage of not more than 1 000 V, operating and maintenance gangways of a length exceeding 20 m shall be accessible from both ends. For gangways shorter than 20 m but exceeding 6 m, access from both ends is recommended.

b) For voltages above 1 000 V

For installations having a rated operating voltage greater than 1 000 V, operating and maintenance gangways of a length exceeding 6 m shall be accessible from both ends.

For very long gangways, additional access ways are recommended.

c) Access doors

It is recommended that access doors to gangways should:

i) swing outwards;

Note. — Pressurized rooms and other special rooms may require doors to swing inwards.

ii) open without the use of hands;

iii) have a free space outside the door of at least 1.5 m² with width and length of approximately equal dimensions.

7. Minimum clearances for outdoor installations

7.1 Application

This clause prescribes minimum clearances for outdoor installations from field-installed bare live parts to:

- a) boundary fences enclosing such live parts (see Sub-clause 7.2), and*
- b) areas within the boundary fence to which personnel normally have access (see Sub-clause 7.3), and*
- c) barriers installed within the boundary fence to restrict the access of personnel to the live parts (see Sub-clause 7.4).*

The minimum clearances are based on persons with a reach of 2 300 mm from the ground and may not prevent a person from reaching into the flashover area.

Where the live parts consist of overhead lines precautions shall be taken to ensure that minimum clearance distances are not reduced by conductor sag, wind forces, short-circuit forces, or insulator rupture when using multiple parallel insulator strings.

7.2 Minimum clearances to boundary fences

Boundary fences enclosing bare live parts shall be of a height of not less than 1 800 mm. The boundary fence shall be so located that the live parts are outside the zone prescribed by Figure 1, page 27, and Table VI, taking into account the type of fencing used.

Note. — The minimum height of the boundary fence and the minimum clearances from live parts are based on considerations of protection against direct contact. Additional measures may be necessary to restrict access.

7.3 Distances d'isolement minimales des zones accessibles

A l'intérieur des zones accessibles au personnel, telles que les passages, les plates-formes ou autres surfaces sur lesquelles le personnel peut se tenir normalement, les conducteurs actifs nus doivent être installés:

- a) soit à une hauteur au-dessus de la surface considérée au moins égale à la valeur appropriée de la colonne 2 du tableau VI,
- b) soit derrière des barrières limitant l'accès du personnel aux parties actives conformément au paragraphe 7.4.

Dans les zones où d'importantes quantités de neige sont prévisibles, les distances d'isolement prescrites au point a) doivent être augmentées par l'épaisseur prévue de neige accumulée.

Note. — Voir la figure 2, page 26, pour une illustration de la prescription du point a) ci-dessus.

7.4 Distances d'isolement minimales aux barrières

Lorsque des parties actives nues à l'intérieur des clôtures se trouvent à une hauteur inférieure à la valeur minimale prescrite au point a) du paragraphe 7.3, des barrières doivent être installées pour limiter l'accès du personnel à de telles parties actives. Le type, la hauteur et l'emplacement des barrières doivent être tels que les parties actives soient en dehors de la zone correspondante définie dans les figures 3 ou 4, page 28, et le tableau VI. La hauteur des barrières ne doit pas, en tout cas, être inférieure à 1 100 mm.

7.3 *Minimum clearances from accessible areas*

Within areas that are accessible to personnel such as permanent walkways, platforms or other surfaces on which personnel may normally stand, bare live conductors shall be installed either—

- a) at a height above the area concerned of not less than the appropriate value prescribed in Column 2 of Table VI, or
- b) behind barriers which restrict access of personnel to the live parts in accordance with Sub-clause 7.4.

In areas where heavy snow is experienced, the clearances required by Item a) shall be increased by the expected compacted depth of snow accumulation.

Note. — See Figure 2, page 27, for an illustration of the requirement of Item a) above.

7.4 *Minimum clearances to barriers*

Where bare live parts within the boundary fence are at a height which is less than the minimum value required by Item a) of Sub-clause 7.3, barriers shall be installed to restrict the access of personnel to such live parts. The type, height and location of the barrier shall be such that the live parts are outside the relevant zone prescribed in Figure 3 or 4, page 29, and Table VI. The height of the barrier shall in any event be not less than 1 100 mm.

TABLEAU V

Distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien dans les installations intérieures
(distances en millimètres)

Valeur efficace maximale de la tension nominale de fonctionnement (kV)	Protection complète requise dans le tableau IV									
	Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs et mur					Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs				
	Hauteur sous les barrières ou les enveloppes		Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs et mur			Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs			Distances entre les murs et les parties actives	
	Entretien	Opération	Entretien	Opération	Opération	Entretien	Opération	Opération	Entretien	Opération
1	2 000	700	700	1 000	700	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
3	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
6	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
10	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
20	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
30	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
45	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
60	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
110	2 000	800	800	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Note. — Les distances minimales pour les tensions supérieures à 110 kV sont à l'étude.										

Note. — Les distances minimales pour les tensions supérieures à 110 kV sont à l'étude.

TABLE V

Minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways for indoor installations
(distances in millimetres)

Maximum r.m.s. value of rated operating voltage (kV)	Complete protection as required in Table IV				Partial or no protection as required in Table IV									
	Height below barriers or enclosures		Width between obstacles or switch handles and wall		Width between obstacles or switch handles		Height of live parts above floor level		Live parts on one side with IP1X or IPOX protection			Live parts on both sides with IP1X or IPOX protection		
	Maint.	Opn.	Maint.	Opn.	Maint.	Opn.			Maintenance	IP1X	IPOX	Maintenance	IP1X	IPOX
1	2 000	700	700	700	700	700	2 300	2 300	1 000	1 000	1 000	1 000	1 200	1 200
3	2 000	800	800	1 000	1 000	1 200	2 500	2 500	1 300	1 300	2 000	1 300	1 500	2 200
6	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	2 500	2 500	1 380	1 380	2 000	1 430	1 580	2 200
10	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	2 500	2 500	1 430	1 430	2 000	1 630	1 830	2 200
20	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	2 500	2 500	1 630	1 630	2 000	1 830	2 050	2 200
30	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	2 500	2 500	1 850	1 850	2 050	2 240	2 440	2 250
45	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	2 700	2 700	2 240	2 240	2 800	2 440	2 800	3 000
60	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	2 800	2 800	2 600	2 600	3 600	2 800	3 600	3 800
110	2 000	800	1 000	1 000	1 000	1 200	3 250	3 250	3 400	3 400	3 600	3 400	3 600	3 800

Note — Minimum distances for voltages above 110 kV are under consideration.
Maint. = maintenance.
Opn. = operation.

TABEAU VI

Distances d'isolement minimales pour parties actives nues en site propre dans des installations extérieures

1	2	3	4	5	6	7
Tension nominale U_n	Hauteur minimale des parties actives au-dessus des surfaces accessibles (voir figures 2, 3 et 4, pages 26 et 28)	Distances d'isolement horizontales entre parties actives et barrières à l'intérieur de l'installation (voir figures 3 et 4)			Distances d'isolement horizontales des parties actives aux clôtures extérieures (voir figure 1, page 26)	
	H	A	B	C	D	E
	(mm)	Pour des barrières pleines* ayant une hauteur d'au moins 1 800 mm	Pour des grillages ou des barrières à écrans ayant une hauteur d'au moins 1 800 mm	Pour des barrières du type décrit dans les colonnes 3 et 4 ayant une hauteur d'au moins 1 800 mm, et pour les barrières comprenant des mains courantes, des chaînes ou des cordes**, dans tous les cas, avec une hauteur d'au moins 1 100 mm	Pour des clôtures pleines*, ayant une hauteur d'au moins 1 800 mm	Pour des grillages ou clôtures à écran ayant une hauteur d'au moins 1 800 mm
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
(kV)		Installations			Installations	
		non protégées contre les surtensions	protégées contre les surtensions ou reliées à des câbles	non protégées contre les surtensions	protégées contre les surtensions ou reliées à des câbles	protégées contre les surtensions ou reliées à des câbles
		$A = N$	$A = S$	$C = N+300$ min. 600	$D = N+1\ 000$	$E = N+1\ 500$
		$H = S+2\ 300$ min. 2 600		$C = S+300$ min. 600	$D = S+1\ 000$	$E = S+1\ 500$
3	2 600	150	150	600	1 150	1 650
6	2 600	150	150	600	1 150	1 650
10	2 600	150	150	600	1 150	1 650
20	2 600	215	160	600	1 215	1 660
30	2 625	325	270	625	1 325	1 770
45	2 680	380	320	680	1 380	1 880
60	2 820	425	370	820	1 520	2 020
110	3 000	620	480	1 000	1 700	2 200
150	3 250	800	620	1 400	1 950	2 450
220	3 850	1 100	1 050	1 850	2 350	3 050
	4 500	1 550	1 450	2 500	2 850	3 350
		2 200	1 950		3 200	3 700

N: Distance d'isolement minimale spécifiée dans le tableau II pour les installations soumises à des surtensions.

S: Distance d'isolement minimale spécifiée dans le tableau II pour des installations protégées contre les surtensions ou reliées à des câbles.

* Pour les barrières et clôtures pleines, les distances d'isolement horizontales doivent être mesurées depuis la face la plus proche des parties actives.

** Pour les chaînes ou cordes, les distances d'isolement horizontales doivent être augmentées de la flèche.

TABLE VI

Minimum clearances for field-installed bare live parts in outdoor installations

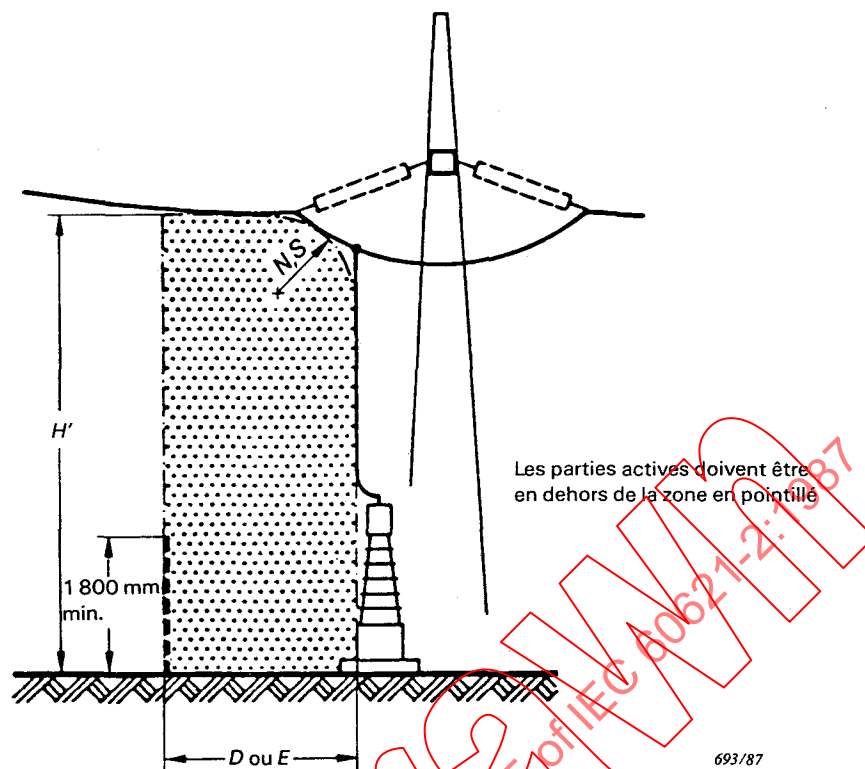
1	2	3	4	5	6	7
Rated voltage U_n	Minimum height of live parts above accessible areas (Figures 2, 3 and 4, pages 27 and 29)	Horizontal clearances from live parts to barriers within the installation (Figures 3 and 4)			Horizontal clearances from live parts to outer fencing (see Figure 1, page 27)	
		A	B	C	D	E
		For solid barriers* with a minimum height of 1 800 mm	For wire mesh or screen barriers with a minimum height of 1 800 mm	For barriers of the type described in Columns 3 and 4 having a height of less than 1 800 mm, and for barriers comprising hand-rails, chains or ropes**; in all cases with a minimum height of 1 100 mm	For solid fences* with a minimum height of 1 800 mm	For wire mesh or screen fences with a minimum height of 1 800 mm
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	Installations	Installations			Installations	
	Not protected against over-voltage	Protected against over-voltage or connected to cables	Not protected against over-voltage	Protected against over-voltage or connected to cables	Not protected against over-voltage	Protected against over-voltage or connected to cables
(kV)	$H = N+2\ 300$ min. 2 600	$H = S+2\ 300$ min. 2 600	$A = N$	$A = S$	$D = N+1\ 000$	$D = S+1\ 000$
			$B = N+100$	$B = S+100$	$C = N+300$ min. 600	$C = S+300$ min. 600
3	2 600	2 600	150	150	600	600
6	2 600	2 600	150	150	600	600
10	2 600	2 600	150	150	600	600
20	2 600	2 600	215	215	600	600
30	2 625	2 600	315	260	600	600
45	2 820	2 680	425	370	625	600
60	3 000	2 820	620	480	820	680
110	3 400	2 820	800	620	1 000	820
150	3 850	3 250	1 200	1 050	1 400	1 250
220	4 500	3 650	1 550	1 450	1 850	1 650
		4 150	2 200	1 850	2 500	2 150

N: The minimum clearance distance specified in Table II for installations subject to overvoltage.

S: The minimum clearance distance specified in Table II for installations protected against overvoltage or connected to cables.

* For solid barriers and fences, the horizontal clearances shall be measured from the face nearest to the live parts.

** For chains or ropes, the horizontal clearances shall be increased by the sag.

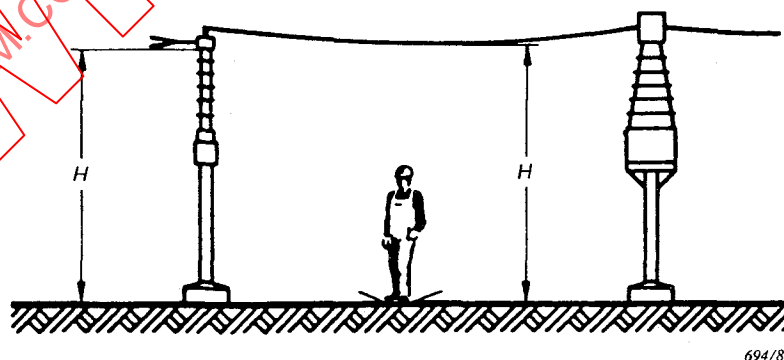


H' : Distance d'isolement minimale pour lignes aériennes de puissance (valeurs encore à considérer pour introduction dans la Publication 621 de la CEI).

D, E : Distances d'isolement minimales prescrites respectivement par les colonnes 6 et 7 du tableau VI.

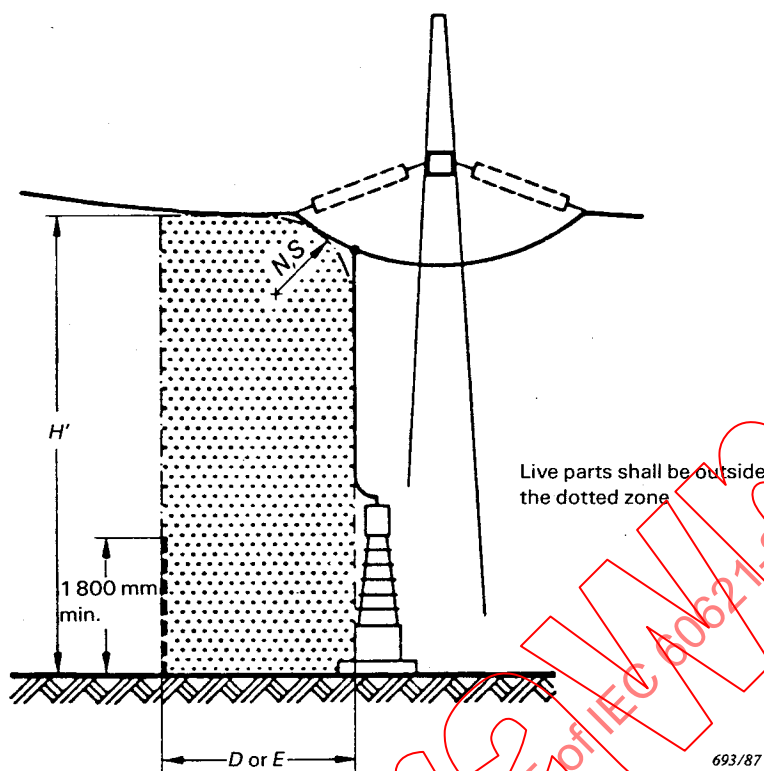
N, S : Distances d'isolement telles qu'elles sont définies dans le tableau VI.

FIG. 1. — Distances d'isolement entre les parties actives et la clôture extérieure.



H : Distance d'isolement minimale des parties actives au-dessus de la zone accessible, prescrite par la colonne 2 du tableau VI. Il peut être nécessaire d'augmenter la distance pour tenir compte des conditions indiquées dans les paragraphes 7.1 et 7.3.

FIG. 2. — Hauteur minimale des parties actives au-dessus des surfaces accessibles dans les installations extérieures.

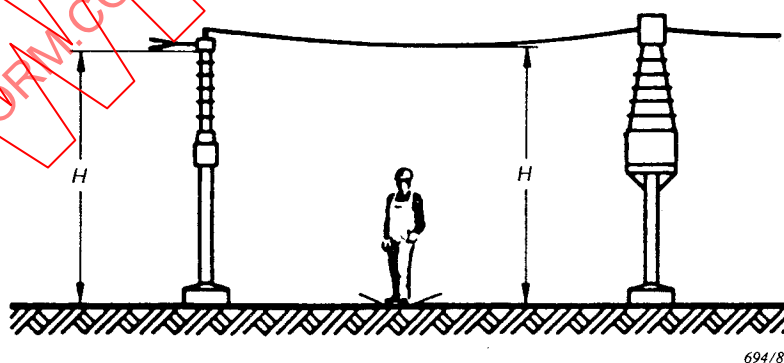


H' : Minimum clearance for overhead power lines (values yet to be considered for inclusion in IEC Publication 621).

D, E : Minimum clearance required by Columns 6 and 7 respectively in Table VI.

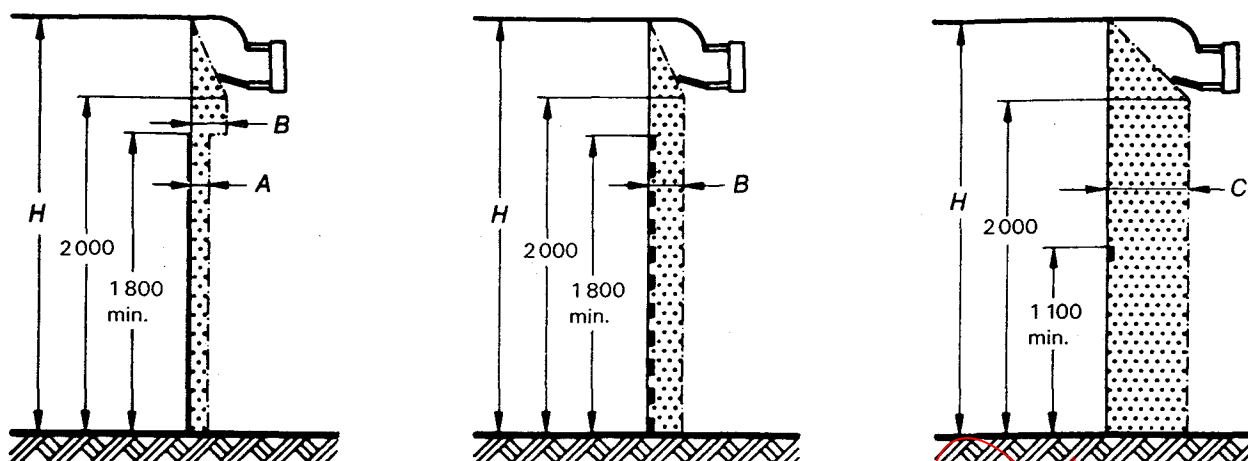
N, S : Distances as defined under Table VI.

FIG. 1. — Clearances from live parts at the outer boundary fence.



H : Minimum clearance of live parts above accessible area required by Column 2 of Table VI. The clearance may need to be increased to take into account the conditions referred to in Sub-clauses 7.1 and 7.3.

FIG. 2. — Minimum height of live parts above accessible areas in outdoor installations.



Les parties actives doivent être en dehors de la zone en pointillé

695/87

a) Barrière pleine.

b) Grillage ou barrière à écrans.

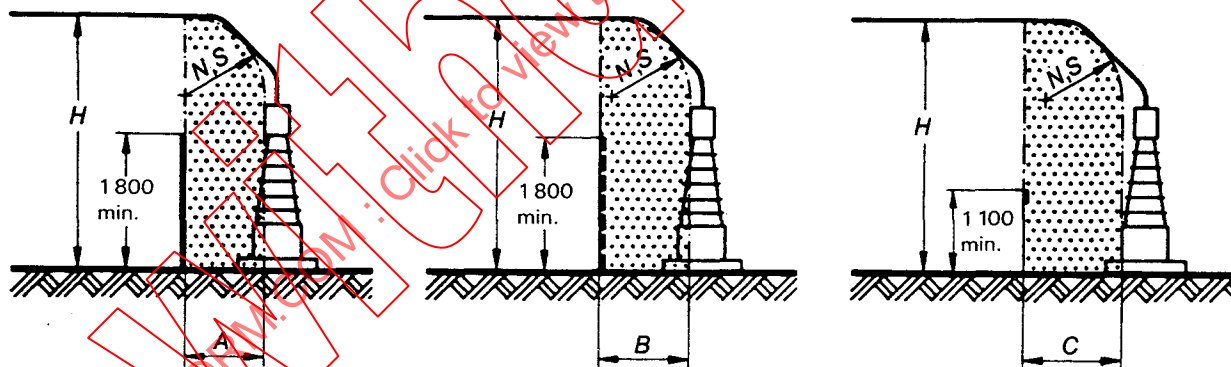
c) Barrières comportant des mains courantes, des chaînes ou des cordes.

Dimensions en millimètres

H: Distance d'isolement minimale des parties actives au-dessus de la surface accessible prescrite par la colonne 2 du tableau VI. Il peut être nécessaire d'augmenter la distance pour tenir compte des conditions indiquées aux paragraphes 7.1 et 7.3.

A, *B* et *C*: Distances d'isolement minimales prescrites respectivement par les colonnes 3, 4 et 5 du tableau VI.

FIG. 3. — Distances d'isolement des parties actives pour des installations extérieures de tension nominale au plus égale à 30 kV.



Les parties actives doivent être en dehors de la zone en pointillé

696/87

a) Barrière pleine.

b) Grillage ou barrière à écrans.

c) Barrières comportant des mains courantes, des chaînes ou des cordes.

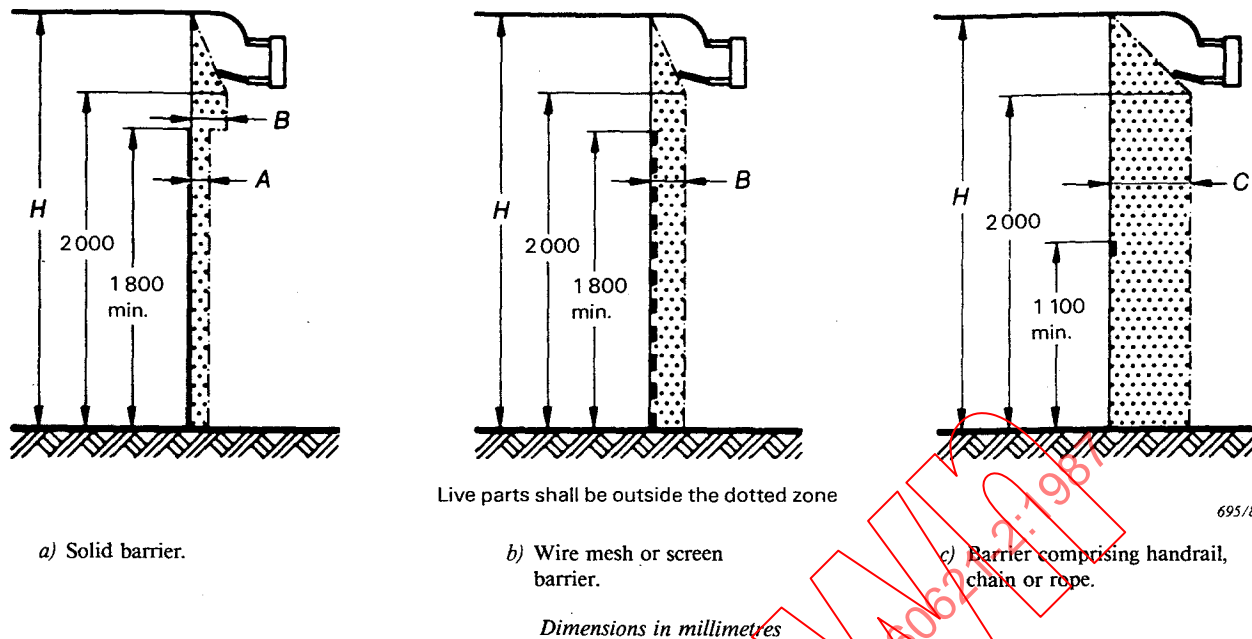
Dimensions en millimètres

H: Distance d'isolement minimale des parties actives au-dessus de la surface accessible prescrite par la colonne 2 du tableau VI. Il peut être nécessaire d'augmenter la distance pour tenir compte des conditions indiquées aux paragraphes 7.1 et 7.3.

A, *B* et *C*: Distances d'isolement minimales prescrites respectivement par les colonnes 3, 4 et 5 du Tableau VI.

N, *S*: Distances définies dans le tableau VI.

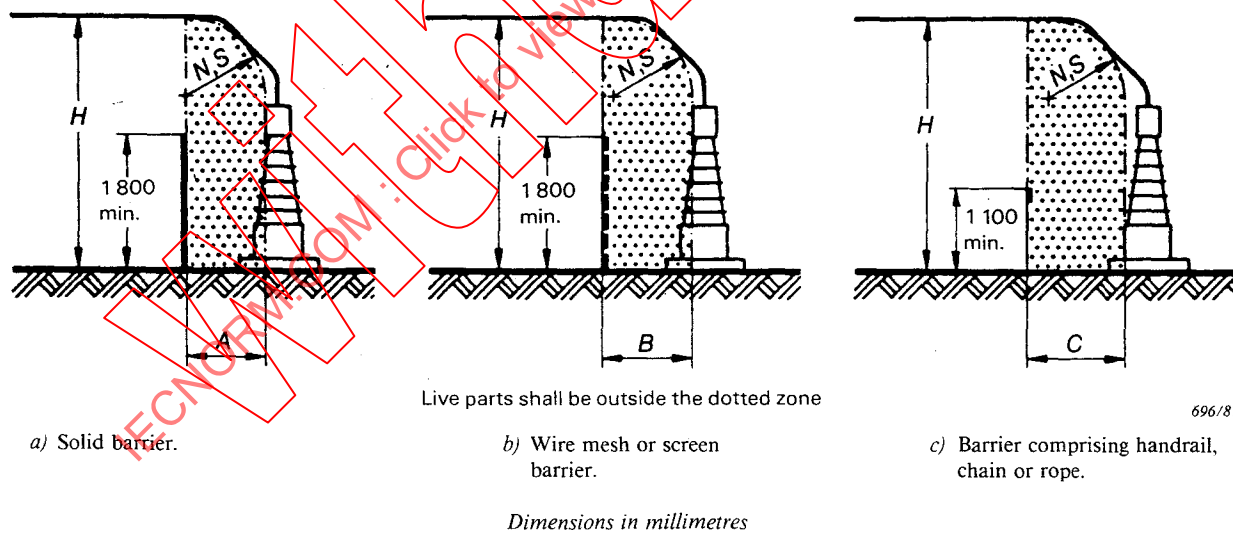
FIG. 4. — Distances d'isolement des parties actives pour des installations extérieures de tension nominale supérieure à 30 kV.



H: Minimum clearance of live parts above accessible area required by Column 2 of Table VI. The clearance may need to be increased to take into account the conditions referred to in Sub-clauses 7.1 and 7.3.

A, B and C: Minimum clearances required by Columns 3, 4 and 5 respectively in Table VI.

FIG. 3. — Clearances from live parts for outdoor installations with rated voltages up to and including 30 kV.



H: Minimum clearance of live parts above accessible area required by Column 2 of Table VI. The clearance may need to be increased to take into account the conditions referred to in Sub-clauses 7.1 and 7.3.

A, B and C: Minimum clearances required by Columns 3, 4 and 5 respectively in Table VI.

N, S: Distances as defined in Table VI.

FIG. 4. — Clearances from live parts for outdoor installations with rated voltages above 30 kV.

CHAPITRE II: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS EN COURANT ALTERNATIF

(Protection contre les chocs électriques en cas de défaut)

INTRODUCTION

Les mesures de protection spécifiées sont étudiées de façon à empêcher le maintien de la tension de contact après le moment où un défaut se produit pendant une durée telle qu'il risque d'en résulter un danger pour les humains ou pour les animaux d'élevage. Ces mesures ont été déterminées en fonction de l'expérience et en tenant compte de la probabilité pour les êtres humains ou les animaux d'élevage de se trouver dans une situation de contact indirect et en tenant compte également de la nature de l'installation impliquée dans cette situation de défaut.

Dans le cas d'un défaut à la terre, la protection sera effectuée soit par une coupure automatique de l'alimentation en tenant compte des conditions spécifiques de tension et de durée, soit en ramenant la tension de contact indirect en dessous de sa limite normale pour laquelle la coupure de l'alimentation n'est pas exigée.

Les mesures de protection contre les contacts indirects avec un conducteur de protection pour toutes les installations dont la tension est au plus égale à 1 000 V et pour celles dont la tension est supérieure à 1 000 V sont décrites dans ce chapitre. Les prescriptions relatives aux installations dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V sont tirées essentiellement de la Publication 364 de la CEI, lorsqu'elles sont applicables.

Note. — La protection contre les contacts indirects en courant continu est à l'étude.

8. Généralités

8.1 Toutes les masses doivent être reliées à un conducteur de protection.

Le point de mise à la terre du réseau devra être connecté à une prise de terre près du transformateur ou de l'alternateur respectif si, effectivement, ce point est mis à la terre.

S'il est prescrit que le conducteur de protection doit être mis à la terre séparément, la connexion à la terre sera faite à une distance éloignée de la prise de terre du réseau. Si on dispose de bons moyens ou points de mise à la terre, le conducteur de protection sera de préférence connecté à ces points, à autant d'endroits que possible. Une mise à la terre multiple, à des points répartis de façon aussi régulière que possible, peut être nécessaire en vue d'assurer que le potentiel du conducteur de protection reste aussi près que possible du potentiel de la terre, en cas de défaut.

Le conducteur de protection peut être un conducteur nu, c'est-à-dire non couvert d'un matériau isolant.

8.2 Un dispositif de protection coupera automatiquement le courant alimentant la partie de l'installation protégée par ce dispositif si, à la suite d'un défaut se produisant dans cette partie, la tension de contact qui en résulte ne peut pas être maintenue, en tout point de l'installation, à une valeur égale ou inférieure à la tension limite conventionnelle U_L ,

où $U_L = * \sim 50$ V (valeur efficace).

Note. — Dans certaines configurations des schémas IT (voir article 12), la coupure automatique du courant peut ne pas être nécessaire en cas de premier défaut.

* Il peut être nécessaire de spécifier des valeurs inférieures dans le cas de certaines applications ou de certains locaux (ou emplacements), par exemple un environnement humide et conducteur.

CHAPTER II: PROTECTION AGAINST INDIRECT CONTACT—A.C.

(Protection against electric shock in case of a fault)

INTRODUCTION

The protective measures specified are intended to prevent a touch voltage from persisting for such a length of time after the occurrence of a fault that danger to persons or livestock could arise. The measures have been developed from experience and consideration of the probability of persons or livestock being in an indirect contact situation and of the nature of the plant involved in the fault situation.

Protection shall be afforded in the case of an earth fault by either automatic disconnection of supply within specified conditions of voltage and time, or limitation of indirect contact voltage below the conventional voltage limit at which disconnection of the supply is not required.

In this chapter, the protective measures against indirect contact with a protective conductor for all installations with voltages up to and including 1 000 V and those above 1 000 V are described. The requirements for installations for voltages up to and including 1 000 V are taken over essentially from IEC Publication 364 as applicable.

Note. — Protection against indirect contact—d.c.—is under consideration.

8. General

8.1 All exposed conductive parts shall be connected to a protective conductor.

The earthable point of the power system, if earthed, shall be connected to an earth electrode near the respective power transformer or generator.

Where a protective conductor is required to be separately earthed, the connection to earth shall be made remote from the power system earth electrode. If good earthing facilities or points are available, the protective conductor shall preferably be connected to them at as many places as possible. Multiple earthing at points distributed as evenly as possible may be necessary in order to ensure that the potential of the protective conductor remains as close as possible to the earth potential in case of fault.

The protective conductor may be a bare conductor, that is, without a covering of insulating material.

8.2 A protective device shall automatically disconnect the supply to that part of the electrical installation protected by the device, if, following a fault in that part, the touch voltage cannot be maintained at any point of the installation at a value equal to or less than the conventional voltage limit U_L ,

where $U_L = * \sim 50 \text{ V (r.m.s.)}$.

Note. — In certain configurations of IT systems (see Clause 12), automatic disconnection may not be required on the occurrence of a first fault.

*It may be necessary to specify lower values for certain applications or locations, for example wet and conductive environments.

TABLEAU VII

Schémas utilisant une tension de service inférieure ou égale à 1 000 V	
Tension de contact présumée (valeur efficace en courant alternatif) et temps de fonctionnement maximal	
Tension de contact présumée (V)	Temps de fonctionnement maximal (s)
< 50	∞
50	5
75	1
90	0,5
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

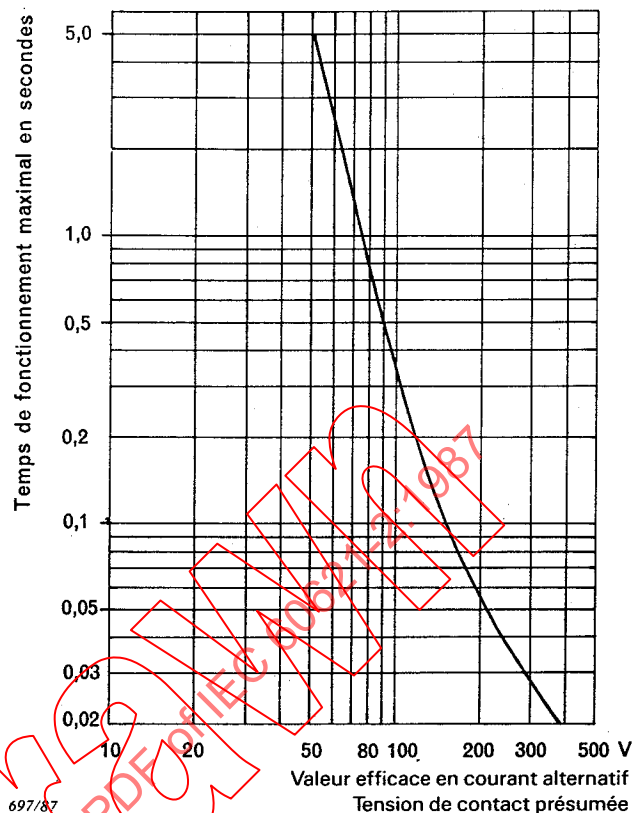


Fig. 5. — Représentation graphique du tableau VII.

TABLEAU VIII

Schémas de tension supérieure à 1 000 V	
Tension de contact présumée (valeur efficace en courant alternatif) et temps de fonctionnement maximal	
Tension de contact présumée (V)	Temps de fonctionnement maximal (s)
≤ 50	∞
80	5
120	1
150	0,5
180	0,4
300	0,1
420	0,05
550	0,03

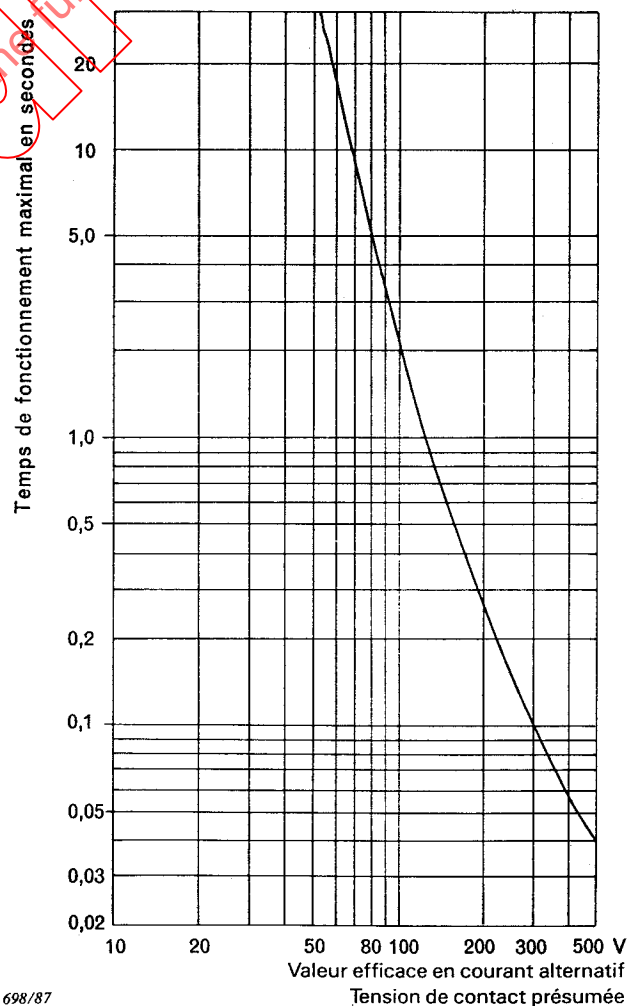


Fig. 6. — Représentation graphique du tableau VIII.

TABLE VII

Systems up to and including 1 000 V	
Prospective touch voltage (a.c.—r.m.s.) and maximum operating time	
Prospective touch voltage (V)	Maximum operating time (s)
< 50	∞
50	5
75	1
90	0.5
110	0.2
150	0.1
220	0.05
280	0.03

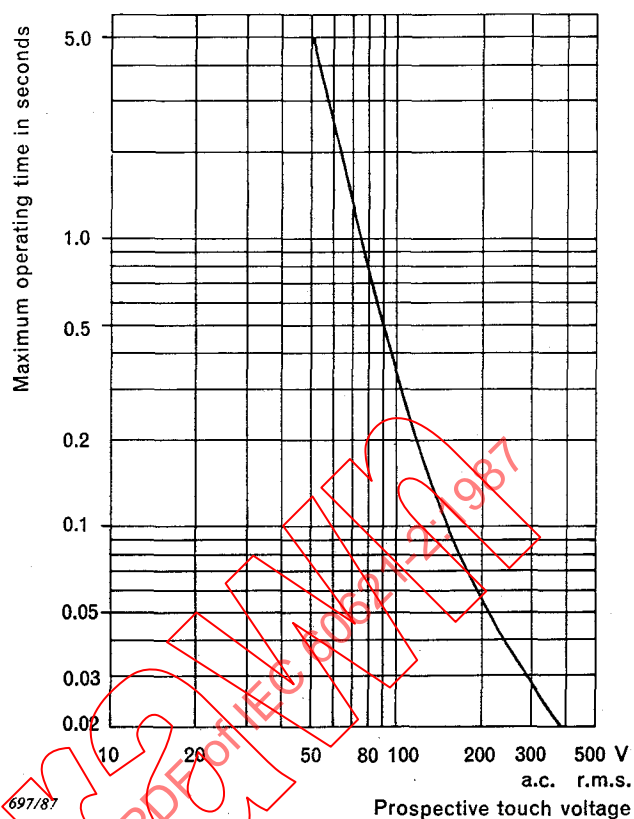


FIG. 5. — Graphical representation of Table VII.

TABLE VIII

Systems above 1 000 V	
Prospective touch voltage (a.c.—r.m.s.) and maximum operating time	
Prospective touch voltage (V)	Maximum operating time (s)
< 50	∞
80	5
120	1
150	0.5
180	0.4
300	0.1
420	0.05
550	0.03

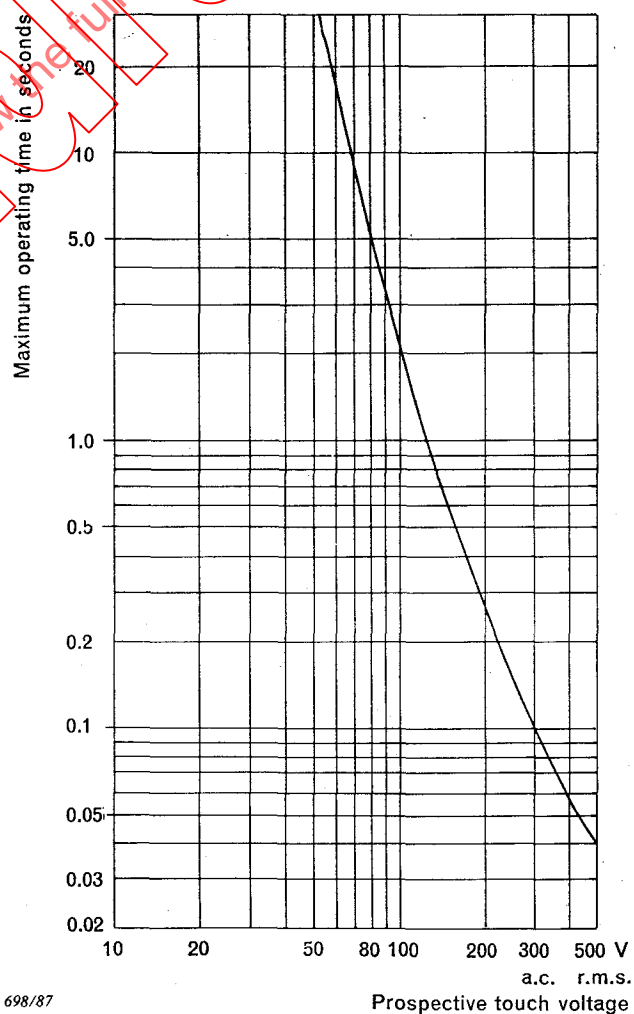


FIG. 6. — Graphical representation of Table VIII.

- 8.3 Les caractéristiques* des mesures à prendre ou des dispositifs de protection seront conformes aux règles suivantes:
- i) pour les tensions inférieures ou égales à 1 000 V: voir le tableau VII;
 - ii) pour les tensions supérieures à 1 000 V: voir le tableau VIII.

- 8.4 Les prescriptions à suivre en vue de la protection en l'absence d'un conducteur de protection sont précisées dans la Publication 364-4-41 de la CEI comme suit:
- protection par isolation supplémentaire ou renforcée;
 - protection dans les locaux (ou emplacements) non conducteurs;
 - protection par séparation électrique.

Note. — La protection par très basse tension de sécurité est à l'étude.

- 8.5 Dans des installations particulières (par exemple réseaux alimentant des moteurs) dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V et où on peut faire une distinction nette et permanente entre:

- a) les parties de l'installation qui n'alimentent que du matériel installé à poste fixe, et
- b) les parties destinées à alimenter des appareils portatifs et mobiles ayant des masses susceptibles d'être tenues à la main,

le temps de coupure pour l'installation fixe ne devra pas dépasser 5 s.

Note. — «Distinction nette» signifie qu'un défaut se produisant dans une installation fixe ne diminue pas la sécurité des appareils portatifs ou mobiles, pour lesquels le temps de coupure est indiqué dans le tableau VII.

- 8.6 Il faut reconnaître que dans les réseaux utilisant une tension supérieure à 1 000 V, un temps défini est prescrit pour couper le courant en cas de défaut et que, dans certains cas, il peut exister des tensions de contact présumées plus élevées pendant le temps de la coupure. Dans de tels cas, la coupure devra avoir lieu dans les délais les plus courts possibles.

- 8.7 Ces mesures de protection nécessitent que soit établie une coordination entre:

- le type de schéma par rapport à la mise à la terre (article 9);
- les caractéristiques des dispositifs de protection.

9. Description des schémas TN, TT et IT

9.1 Généralités

Les symboles utilisés dans la description des schémas ont la signification suivante:

Première lettre

Situation du point de mise à la terre du réseau, par rapport à la terre:

Note. — Dans les schémas triphasés, le point de mise à la terre est couramment le point neutre de l'alternateur ou du transformateur.

* Des valeurs plus élevées que celles données dans les tableaux VII et VIII peuvent être permises dans le cas de production d'énergie, de distribution d'énergie et d'alimentation où la probabilité d'exposition au danger est faible.

8.3 The characteristics* of the protective device or the measures shall comply with the following:

- i) for voltages up to and including 1 000 V: see Table VII;
- ii) for voltages above 1 000 V: see Table VIII.

8.4 The protective requirements without a protective conductor are in IEC Publication 364-4-41, namely:

- protection by supplementary or reinforced insulation;
- protection in non-conducting locations;
- protection by electrical separation.

Note. — Protection by safety extra-low voltage is under consideration.

8.5 In particular installations (for example, systems supplying motors) up to and including 1 000 V where a clear and permanent distinction can be made between:

- a) those parts of the installation which supply only equipment installed at a fixed point, and
- b) those parts intended to supply portable and mobile apparatus having exposed conductive parts likely to be held in the hand,

then the disconnecting time for the fixed installation shall not exceed 5 s.

Note. — "Clear distinction" means that a fault in a fixed installation does not impair the safety of portable or mobile apparatus, for which the disconnecting time of Table VII is relevant.

8.6 It must be recognized in systems above 1 000 V that a finite time is required to disconnect under a fault condition, and that during this time under some special situations, higher prospective touch voltages may exist during the disconnection process. In such situations, disconnection must take place in the shortest practical time.

8.7 The protective measures necessitate co-ordination of:

- the power system type in relation to earthing (Clause 9), and
- the characteristics of the protective devices.

9. TN, TT and IT systems description

9.1 General

The codes used in the description of the systems have the following meaning:

First letter

Relationship of the earthable point of the power system to earth:

Note. — In three-phase systems, the earthable point is commonly the neutral point of the generator or transformer.

* In the case of power generation, distribution and power supplies, where there is a low probability of exposure to hazard, values in excess of those in Tables VII and VIII may be permitted.

- T = liaison électrique directe (impédance la plus basse possible) à la terre;
 I = soit aucune connexion (toutes les parties actives sont isolées par rapport à la terre), soit liaison avec la terre à travers une impédance (résistance ou bobine d'inductance) ou un circuit équivalent.

Deuxième lettre

Situation des masses de l'installation électrique par rapport à la terre:

- T = liaison électrique directe (impédance la plus basse possible) à la terre, indépendamment de toute liaison au point de mise à la terre du réseau;
 N = liaison électrique directe (impédance la plus basse possible) au point de mise à la terre du réseau.

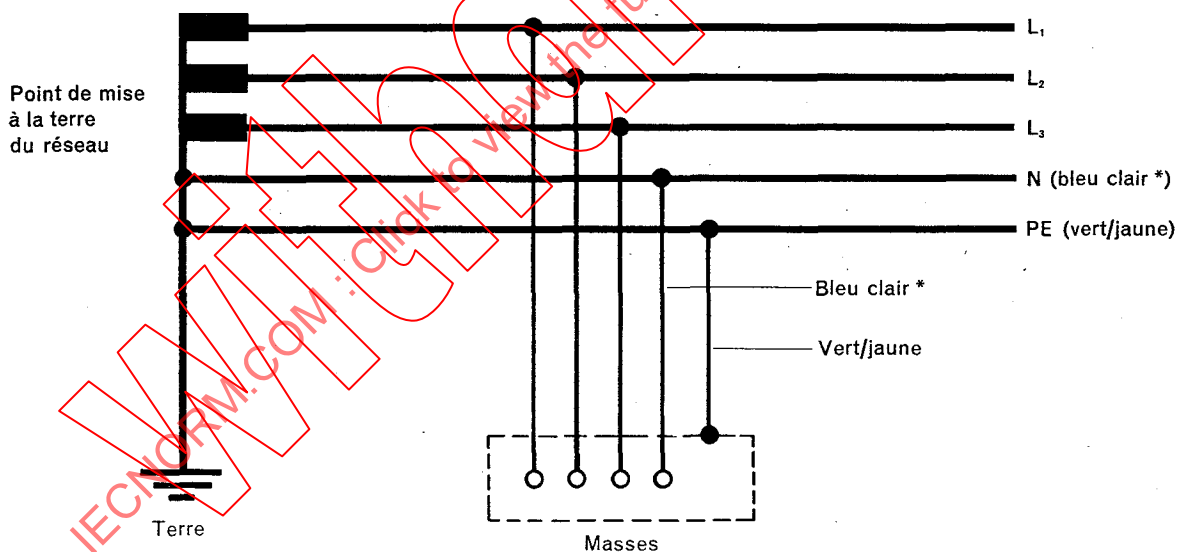
Dans la mesure où les caractéristiques des liaisons de mise à la terre ne sont pas connues, elles devront être précisées par l'exploitant du réseau d'alimentation.

9.2 Description des schémas

Selon la liaison de mise à la terre, il faut faire les distinctions suivantes:

a) Schéma TN (figures 7, page 36, 8 et 9, page 38)

Schéma dans lequel le point de mise à la terre du réseau est directement relié à la terre, les masses de l'installation étant reliées par des conducteurs de protection au point de mise à la terre du réseau.



239/78

* Couleur recommandée (voir paragraphe 10.6)

FIG. 7. — Schéma TN avec conducteur neutre et conducteur de protection séparés dans l'ensemble du schéma.

T = direct electrical connection (minimum practical impedance) to earth;

I = no connection (all live parts isolated from earth) or connected to earth through an impedance (resistor or reactor) or equivalent circuit.

Second letter

Relationship of the exposed conductive parts of the electrical installation to earth:

T = direct electrical connection (minimum practical impedance) to earth, independently of any connection to the earthable point of the power system;

N = direct electrical connection (minimum practical impedance) to the earthable point of the power system.

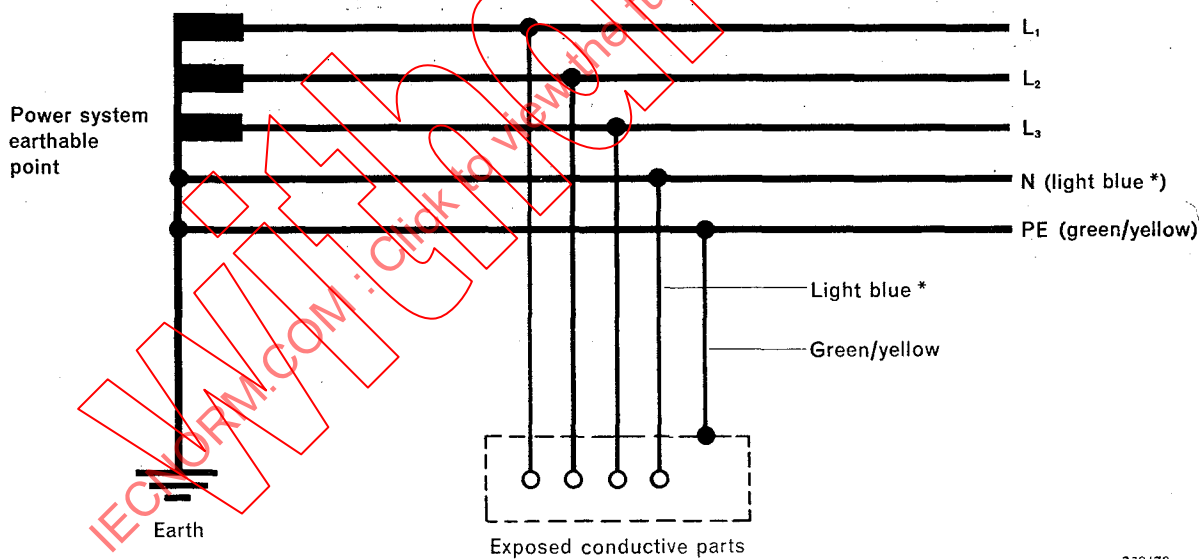
Where the characteristics of the system of earthing the supply to the electrical installation are not known, they should be ascertained from the power supplier.

9.2 Description of the systems

The following distinction is made with regard to the system of earthing.

a) TN system (Figures 7, page 37, 8 and 9, page 39)

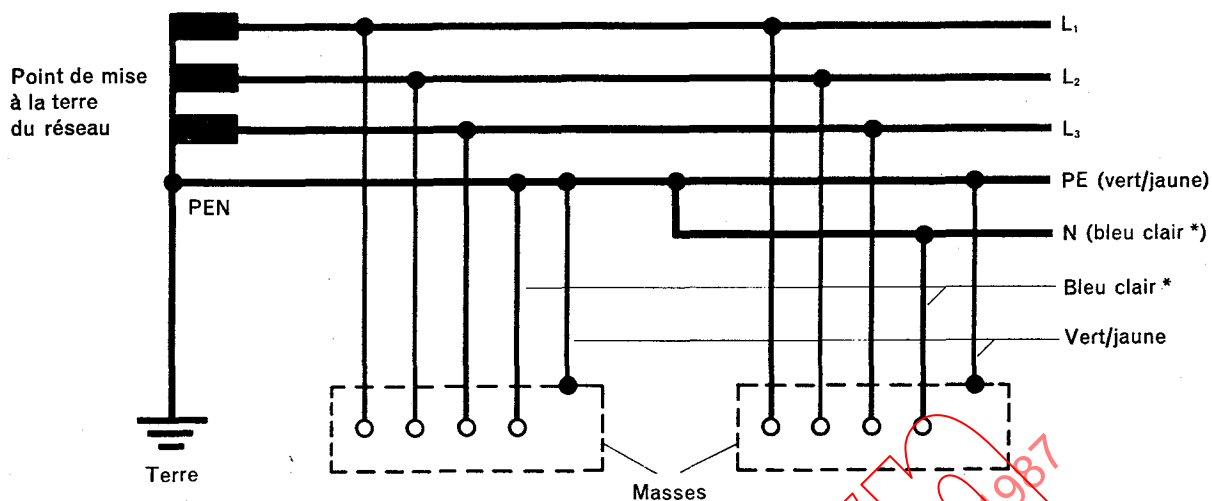
Power systems having the earthable point directly connected to earth, the exposed conductive parts of the installation being connected by protective conductors to the earthable point of the power system.



239/78

* Recommended colour (see Sub-clause 10.6)

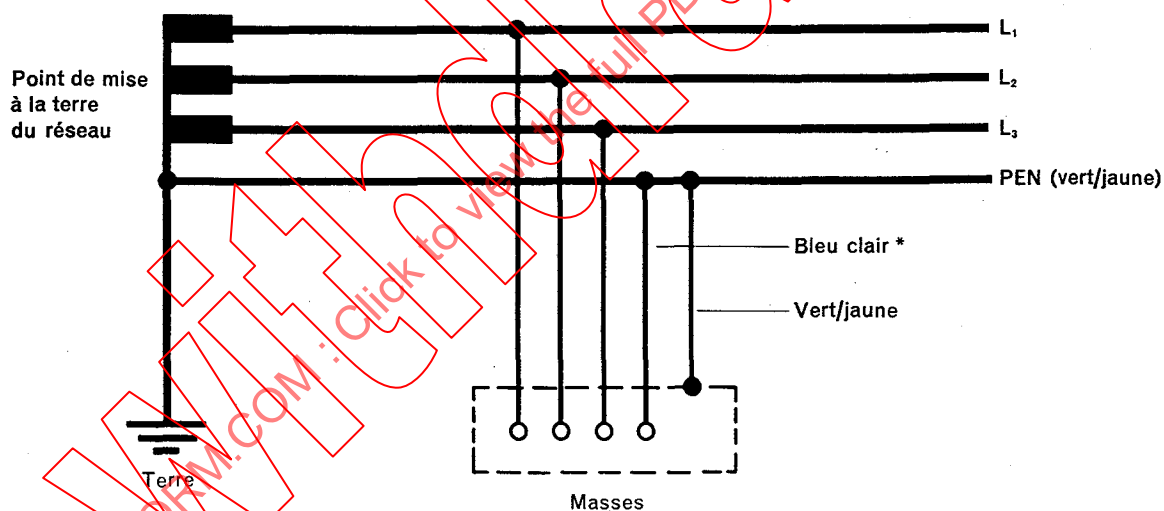
FIG. 7. — Power system TN with separate neutral and protective conductors throughout the system.



240/78

* Couleur recommandée (voir paragraphe 10.6)

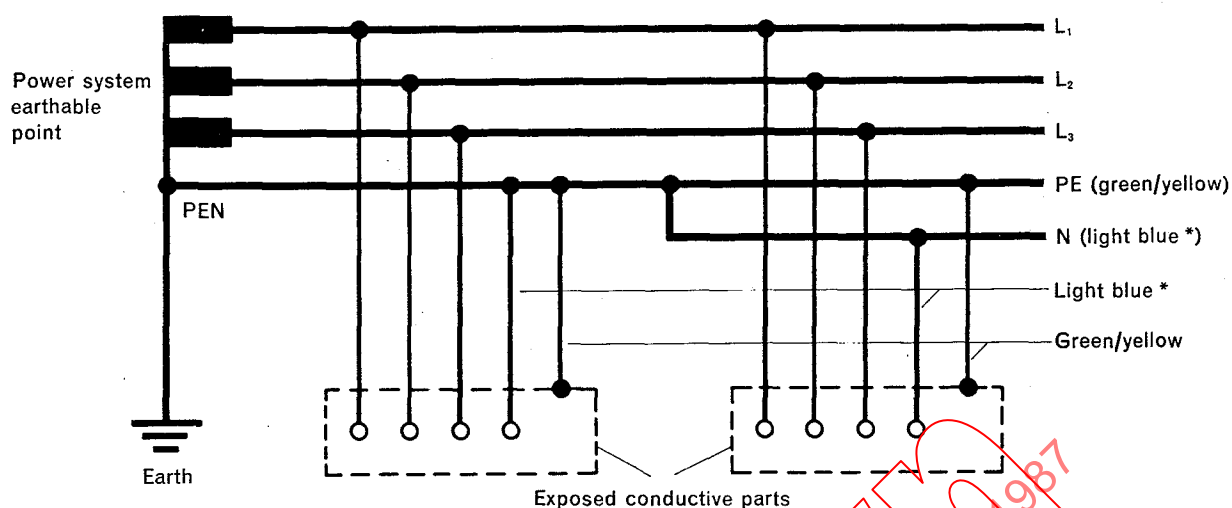
FIG. 8. — Schéma TN avec fonctions de neutre et de protection combinées en un seul conducteur dans une partie du schéma.



241/78

* Couleur recommandée (voir paragraphe 10.6)

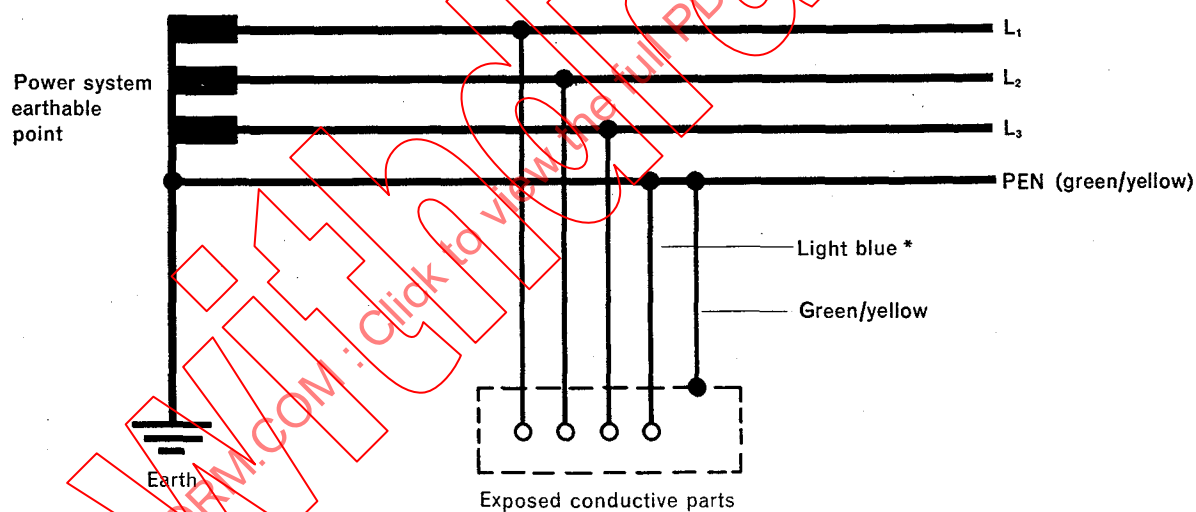
FIG. 9. — Schéma TN avec fonctions de neutre et de protection combinées en un seul conducteur dans l'ensemble du schéma.



240/78

* Recommended colour (see Sub-clause 10.6)

FIG. 8. — Power system TN with neutral and protective functions combined in a single conductor in a part of the system.



241/78

* Recommended colour (see Sub-clause 10.6)

FIG. 9. — Power system TN with neutral and protective functions combined in a single conductor throughout the system.

b) Schéma TT (figure 10)

Schéma dans lequel le point de mise à la terre du réseau est relié directement à la terre, les masses de l'installation étant reliées à des prises de terre électriquement distinctes des prises de terre du réseau.

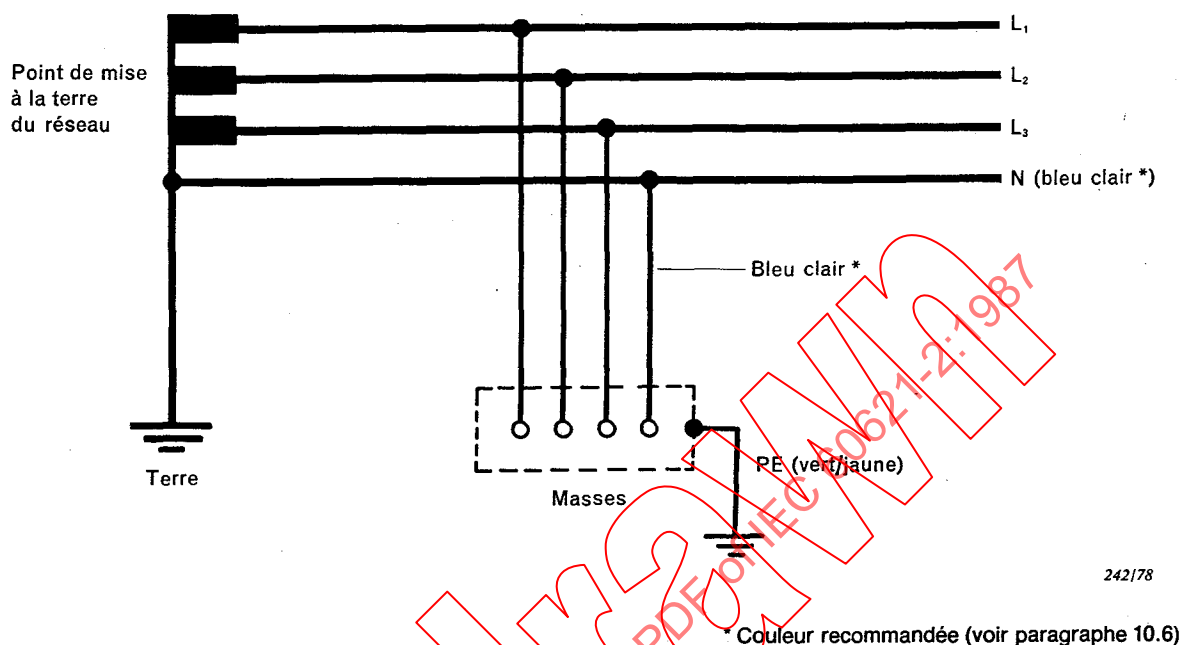


FIG. 10. — Schéma TT.

c) Schéma IT (figures 11, page 40, 12 et 13, page 42)

Schéma dans lequel le point de mise à la terre du réseau n'est pas relié à la terre ou bien est relié à la terre à travers une impédance (résistance ou bobine d'inductance), les masses de l'installation étant reliées à des prises de terre qui peuvent être les mêmes que celles utilisées pour la résistance ou la bobine d'inductance de mise à la terre.

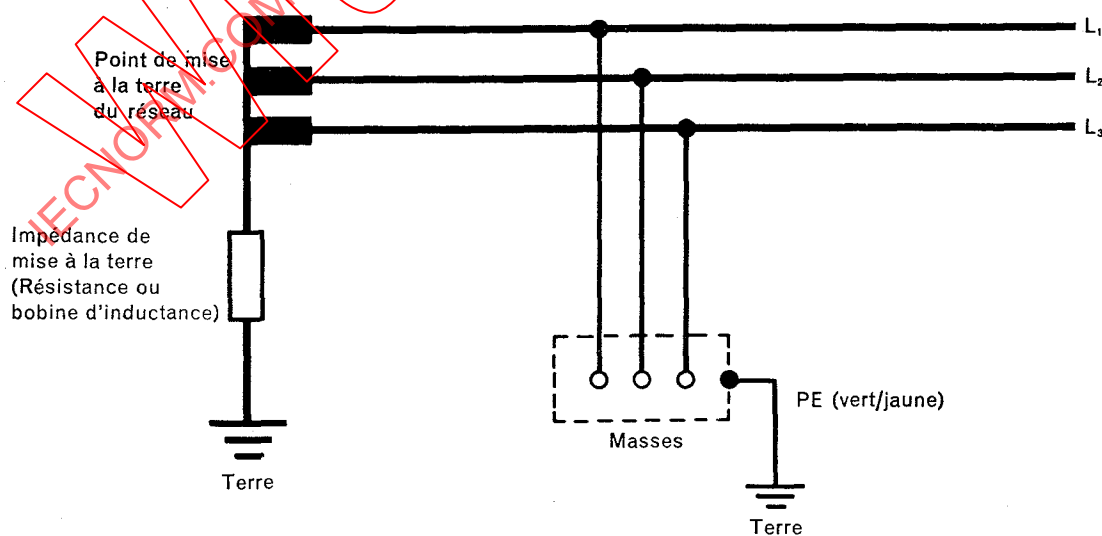


FIG. 11. — Schéma IT avec prises de terre indépendantes.

b) *TT system* (Figure 10)

Power systems having the earthable point directly connected to earth, the exposed conductive parts of the installation being connected to earth electrodes which are electrically independent of the earth electrodes of the power system.

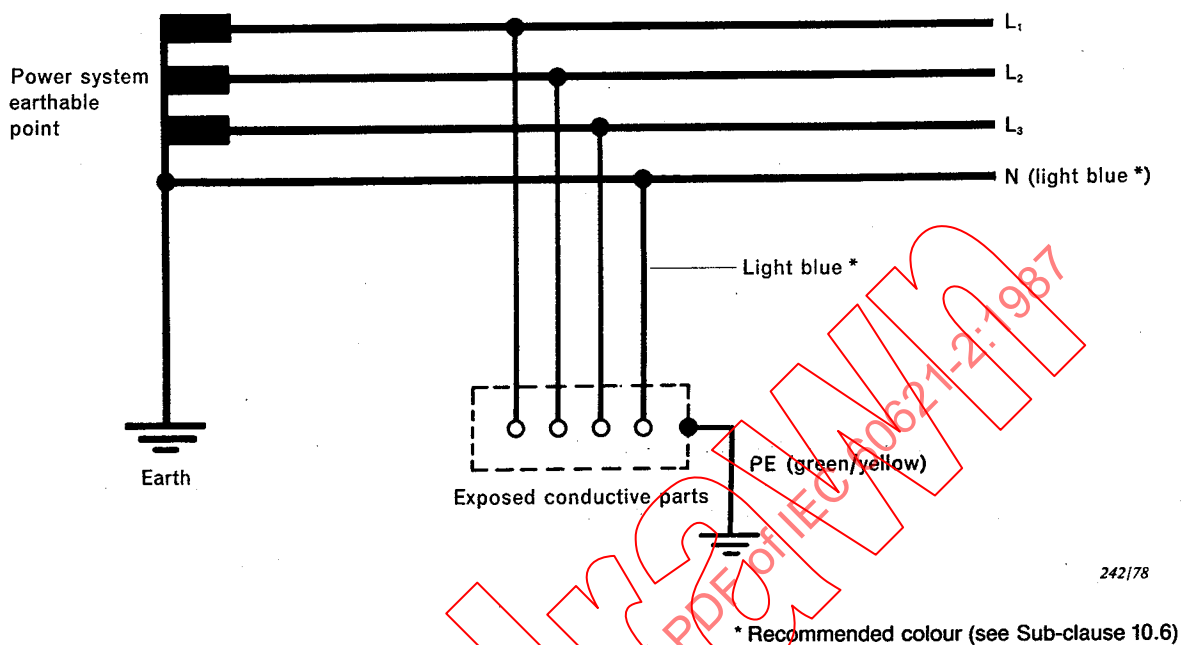


FIG. 10. — Power system TT.

c) *IT system* (Figures 11, page 41, 12 and 13, page 43)

Power systems having the earthable point not connected to earth, or connected to earth through an impedance (resistor or reactor), the exposed conductive parts of the installation being connected to earth electrodes which may be the same as those used for the earthing resistor or reactor.

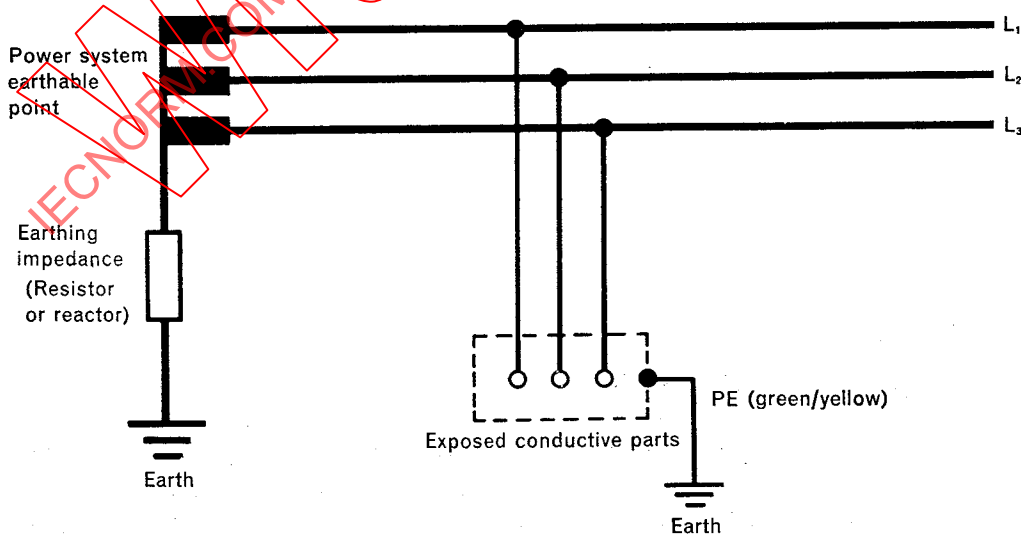
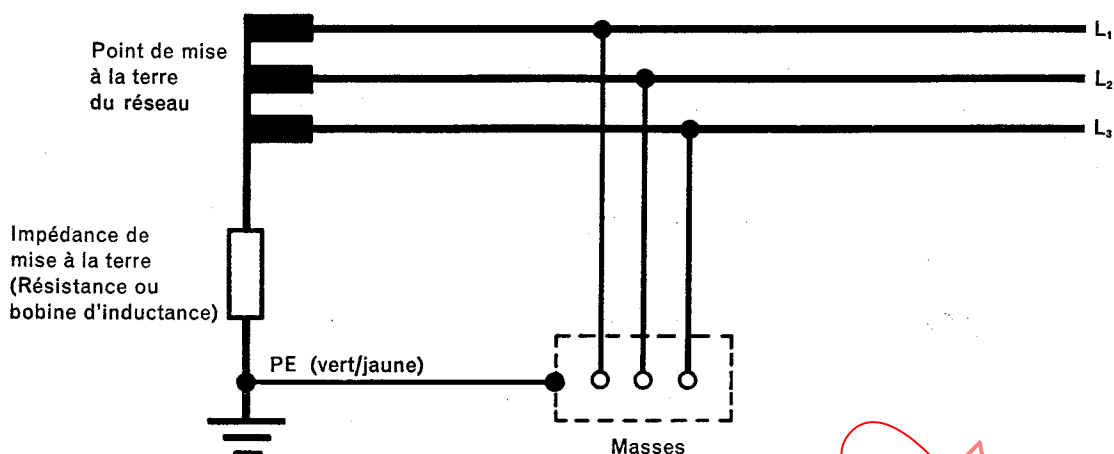


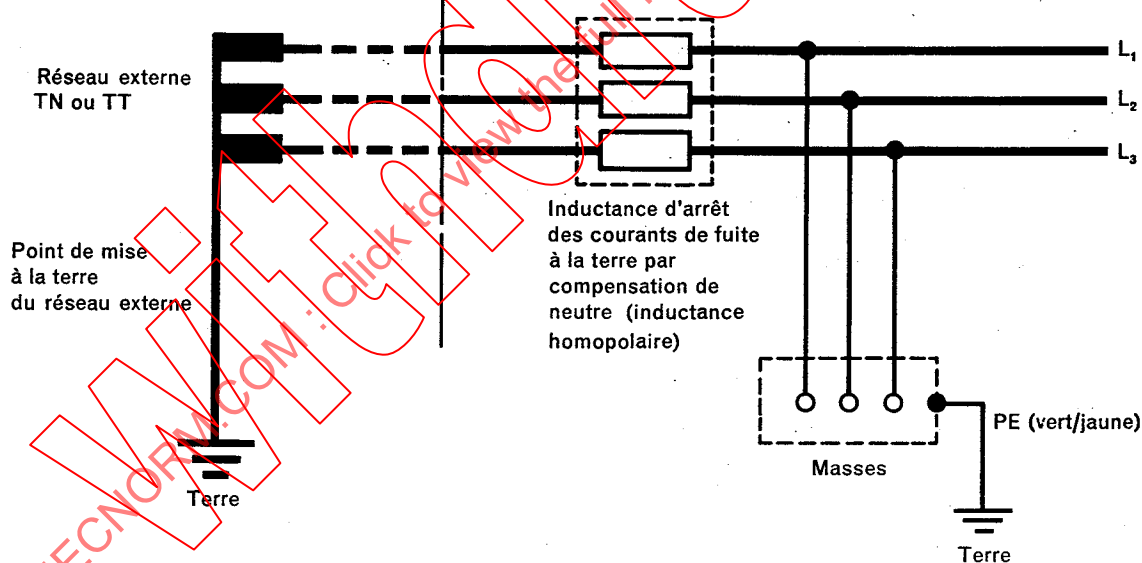
FIG. 11. — Power system IT with independent earth electrodes.



244/78

FIG. 12. — Schéma IT avec prise de terre commune.

Schéma IT utilisant comme source d'autres schémas (TT ou TN) par l'intermédiaire d'une bobine d'inductance triphasée (homopolaire) présentant une impédance élevée aux courants (homopolaire) de fuite à la terre par compensation du neutre (voir paragraphe 13.3).



245/78

FIG. 13. — Schéma IT découlant d'un schéma extérieur TT ou TN.

10. Mesures de protection pour schémas TN

Dans les schémas TN, le point de mise à la terre (dans les schémas triphasés c'est généralement le point neutre du schéma) et les masses sont reliés par un conducteur de protection. Lorsqu'un court-circuit se produit entre un conducteur de phase et un conducteur de protection ou les masses, le courant de défaut en résultant déclenche, par l'intermédiaire du dispositif de protection, la coupure de l'alimentation vers le matériel défectueux.

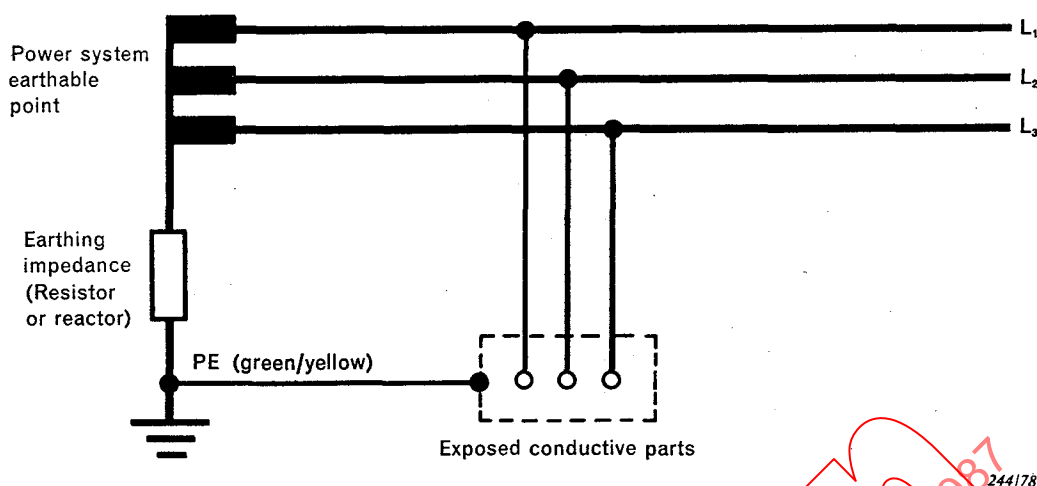


FIG. 12. — Power system IT with common earth electrode.

Power systems deriving supply from other systems (TT or TN) through a three-phase reactor (zero sequence reactor) offering a high impedance to earth fault (zero sequence) currents with neutral displacement (see Sub-clause 13.3).

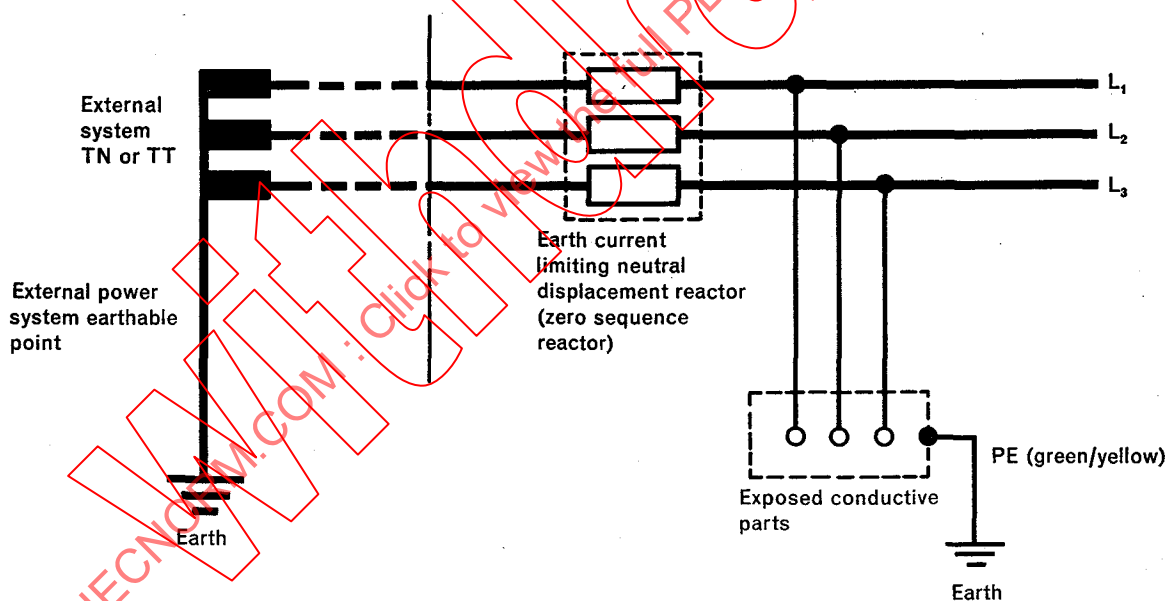


FIG. 13. — Power system IT using external TT or TN system as a source.

10. Protective measures for TN systems

In TN systems the earthable point (in three-phase systems commonly the neutral point of the power system) and exposed conductive parts are interconnected by a protective conductor. In the case of a short circuit from a phase conductor to the protective conductor or exposed conductive parts, the resultant fault current initiates, through a protective device, disconnection of the supply to the defective equipment.

Afin d'obtenir avec certitude que, en cas de défaut (aussi bien aux masses qu'à la terre), le potentiel du conducteur de protection et celui des masses qui y sont reliées diffèrent aussi peu que possible du potentiel de la terre, le conducteur de protection doit être relié à la terre en un certain nombre de points, répartis de façon telle qu'on puisse obtenir la plus basse impédance à la terre possible. Dans le cas où un défaut se produit entre un conducteur de phase et une masse, la tension de contact sera limitée conformément aux spécifications de l'article 8.

10.1 *Liaison équipotentielle des masses*

Toutes les masses de l'installation électrique seront reliées par des conducteurs de protection au point de mise à la terre du réseau.

10.2 *Coupure à la suite d'un défaut*

Les dispositifs de protection et la section des conducteurs doivent être choisis de telle sorte qu'il y ait coupure de courant dans un temps déterminé si un court-circuit vient à se produire à n'importe quel point entre un conducteur de phase et le conducteur de protection ou une masse qui y serait reliée.

Cette prescription est considérée comme satisfaite si la condition suivante est remplie:

$$Z_s \cdot I_{a1} \leq U_0$$

formule dans laquelle:

Z_s = impédance de la boucle de défaut.

I_{a1} = courant assurant le fonctionnement du dispositif de coupure en 5 s au maximum dans le cas des installations particulières décrites dans le paragraphe 8.5 ou dans le temps spécifié dans le tableau VII ou le tableau VIII.

U_0 = tension entre phase et neutre.

Notes 1. — Dans une installation donnée, Z_s peut être déterminé par calcul ou par mesure.

2. — La valeur à attribuer à la tension de contact présumée dépend de la tension de l'installation et de la relation entre les impédances du circuit de protection et du conducteur de phase plus l'impédance de la source.

Si cette condition ne peut être remplie, il faudra alors prévoir une liaison équipotentielle supplémentaire conforme au paragraphe 14.8.2.

10.3 *Conducteurs neutre et de protection combinés en un seul conducteur*

Si les règles nationales le permettent, un seul conducteur peut combiner les fonctions de protection et de neutre, sous réserve de ce qui suit:

- Le câble doit être du type non souple et faire partie d'une installation électrique fixe.
- La section du conducteur ne doit pas être inférieure à 10 mm².
- Le conducteur ne doit pas être alimenté au moyen d'un dispositif à courant différentiel-résiduel.

Si le conducteur peut être nu, c'est-à-dire sans isolation, il peut être nécessaire d'isoler ce conducteur pour des raisons autres que la protection contre les contacts indirects, par exemple risque d'incendie, etc.

10.4 *Interruption des conducteurs neutre et de protection combinés en un seul conducteur*

Le conducteur de protection ne doit pas être interrompu en service. Des dispositifs de protection à maximum de courant ne seront admis dans un conducteur combinant les fonctions de neutre et de protection que s'ils coupent en même temps les conducteurs de phase.

10.5 *Séparation du conducteur de protection et du conducteur combinant les fonctions de neutre et de protection*

Si à partir de n'importe quel point de l'installation électrique, les conducteurs neutre et de protection sont séparés, il n'est pas permis de les relier ensemble en aval de ce point.

To ensure that, in case of a fault (to exposed conductive parts or to earth), the potential of the protective conductor and of the exposed conductive parts connected to it differs as little as possible from the earth potential, the protective conductor shall be connected to a number of earthing points distributed so as to obtain the lowest practical earthing impedance. In the event of a fault between a phase conductor and an exposed conductive part, the touch voltage shall be limited as specified in Clause 8.

10.1 *Bonding of exposed conductive parts*

All exposed conductive parts of the electrical installation shall be connected to the earthable point of the power system by protective conductors.

10.2 *Disconnection following fault*

The protective devices and the cross-sectional area of the conductors shall be chosen in such a way that, if a short circuit occurs at any point between a phase conductor and the protective conductor or an exposed conductive part connected to it, disconnection will be effected within a specified time.

This requirement is met if the following condition is fulfilled:

$$Z_s \cdot I_{a1} \leq U_0$$

in which:

Z_s = fault loop impedance

I_{a1} = current ensuring the operation of the disconnecting device within 5 s in the case of the particular installations described in Sub-clause 8.5 or the appropriate time specified in Table VII or VIII.

U_0 = phase to neutral voltage

Notes 1. — In a given installation Z_s may be calculated or determined by measurement.

2. — The value of the prospective touch voltage depends on the voltage of the system and on the relationship between the impedance of the protective circuit and the phase conductor plus source impedance.

If this condition cannot be fulfilled, then supplementary bonding in accordance with Sub-clause 14.8.2 shall be provided.

10.3 *Single conductor as combined protective and neutral conductor*

Where national rules permit, a single conductor may combine the functions of protective and neutral conductor, subject to the following:

- The conductor shall be non-flexible and in a fixed electrical installation.
- The cross-sectional area of the conductor shall be not less than 10 mm².
- The conductor shall not be supplied through a residual current operated device.

In those instances where the conductor may be bare, i.e. without insulation, it may be necessary to insulate the conductor for reasons other than for the protection against indirect contact, for example fire risk, etc.

10.4 *Interruption of combined protective and neutral conductor*

The protective conductor shall not be interrupted in service. Overcurrent-operated protective devices are admissible in a combined protective and neutral conductor only where they also interrupt the phase conductors.

10.5 *Separation of protective conductor from a combined protective and neutral conductor*

If, from any point of the electrical installation, the neutral and the protective conductors are separated, it is inadmissible to connect these two conductors to each other from that point on towards the load.

Le conducteur neutre doit être isolé et installé de la même manière qu'un conducteur de phase.

10.6 Repérage de conducteurs

a) Conducteur de protection

Le conducteur de protection doit être vert/jaune selon le code de couleur.

b) Repérage du conducteur à fonctions combinées

Le conducteur à fonctions combinées aura le même code de couleur — vert/jaune — que le conducteur de protection. Les bornes ou extrémités de raccordement seront également repérées pour montrer la fonction neutre commune.

c) Repérage du conducteur neutre

Dans les cas où le conducteur neutre n'a aucune autre fonction, on recommande la couleur «bleu clair» pour les besoins du repérage.

10.7 Dispositifs de protection

Il est recommandé de se servir des dispositifs de protection suivants:

- dispositifs de protection à maximum de courant;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel.

Dans le cas où un seul conducteur assure à la fois le neutre et la protection, selon le paragraphe 10.3, le dispositif de protection ne doit être que du type à maximum de courant.

10.8 Dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel

Si l'on utilise des dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel, les masses peuvent ne pas être reliées au conducteur de protection, à condition qu'elles soient reliées à une prise de terre dont la résistance est adaptée au courant de fonctionnement du dispositif à courant différentiel-résiduel. Le circuit protégé par ce dispositif de protection à courant différentiel-résiduel est alors considéré comme un schéma TT et il faut lui appliquer les stipulations de l'article 11.

Si, toutefois, il n'existe pas de prise de terre distincte, la liaison des masses au conducteur de protection doit être effectuée en amont du dispositif de protection à courant différentiel-résiduel.

10.9 Equilibre de tension

Dans certains cas, pour des schémas TN inférieurs ou égaux à 1 000 V, dans lesquels un défaut franc peut se produire entre un conducteur de phase et la terre (par exemple réseaux avec lignes aériennes), la condition suivante doit être remplie en vue d'empêcher que le conducteur de protection, ou toute partie qui lui est reliée, atteigne une tension par rapport à la terre supérieure à U_L :

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_o - U_L}$$

où:

R_B = résistance totale de mise à la terre

R_E = la plus basse résistance présumée de mise à la terre de masses qui ne sont pas reliées au conducteur de protection, dans tous les cas où apparaît un défaut à la terre d'un conducteur de phase

U_o = tension entre phase et neutre

U_L = limite conventionnelle de tension

Les mesures de protection recommandées sont les suivantes:

- support relié au conducteur de protection sous une ligne aérienne;
- connexion des parties structurelles au conducteur de protection.

The neutral conductor shall be insulated and installed in the same manner as a phase conductor.

10.6 Conductor identification

a) Protective conductor

The protective conductor shall have a colour coding of green/yellow.

b) Combined conductor identification

The combined conductor shall have the same colour coding as the protective conductor—green/yellow. The terminations shall also be identified to show joint neutral function.

c) Neutral conductor identification

Where a neutral conductor has no other function the colour “light blue” is recommended for identification purposes.

10.7 Protective devices

The use of the following protective devices is recommended:

- overcurrent-operated protective devices;
- residual-current-operated protective devices.

Where the neutral and the protective conductors are combined according to Sub-clause 10.3, protection shall be afforded by overcurrent-operated protected devices only.

10.8 Residual-current-operated protective devices

In the case of utilization of residual-current-operated protective devices, the exposed conductive parts need not be connected to the protective conductor provided they are connected to an earth electrode, the resistance of which is adapted to the operating current of the residual-current-operated protective device. The circuit protected by this residual-current-operated protective device is then considered as a TT system and the conditions of Clause 11 shall apply.

If, however, no separate earth electrode exists, the connection of the exposed conductive parts to the protective conductor shall be made on the source side of the residual-current-operated protective device.

10.9 Voltage balance

In certain cases, for TN systems up to and including 1 000 V in which a direct fault between a phase conductor and earth can occur (e.g. systems with overhead lines), the following condition shall be fulfilled in order to prevent the protective conductor, or any parts connected thereto, reaching a voltage relative to earth in excess of U_L :

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

where:

R_B = total earthing resistance

R_E = prospective lowest earth contact resistance of conductive parts not connected to the protective conductor, wherever an earth-contact of a phase conductor appears

U_0 = phase to neutral voltage

U_L = conventional voltage limit

Protective measures recommended are:

- a cradle connected to the protective conductor under an overhead line;
- structural parts connected to the protective conductor.

11. Mesures de protection pour schémas TT

Dans les schémas TT, le point de mise à la terre (point neutre) est relié directement à une prise de terre sans impédance (autre que l'impédance du conducteur de protection) insérée entre le point de mise à la terre et la prise de terre.

Les masses seront reliées soit individuellement, soit en groupe, ou comme un tout, à une ou plusieurs prises de terre indépendantes de la prise de terre du point de mise à la terre.

Pour les circuits contenus entièrement dans des appareils semi-fixes ou de l'appareillage mobile, la structure métallique constituera la prise de terre et le point de mise à la terre sera relié à la structure métallique.

Si un défaut se manifeste entre un conducteur de phase et une masse, la tension de contact qui en résulte doit être limitée conformément à l'article 8.

11.1 Isolation et installation du conducteur neutre

Le conducteur neutre éventuel doit être isolé et installé de la même manière qu'un conducteur de phase.

11.2 Liaison équipotentielle des masses

Toutes les masses de matériels électriques protégées par un dispositif de protection commun doivent être interconnectées et reliées par un conducteur de protection à une prise de terre commune. Si plusieurs dispositifs de protection sont montés en série, cette prescription s'applique à chaque groupe de masses protégées par le même dispositif.

Les masses qui sont simultanément accessibles doivent être reliées à une prise de terre commune.

11.3 Conditions à remplir à la suite d'un défaut

De façon à satisfaire aux prescriptions du paragraphe 8.3, la condition suivante doit être remplie:

$$I_a \cdot R_A \leq U$$

dans laquelle:

I_a = courant assurant le fonctionnement du dispositif de coupure dans le temps approprié de la courbe: tension de contact présumée — temps de fonctionnement maximal, en accord avec le paragraphe 8.3.

Si on utilise un dispositif à courant différentiel-résiduel, I_a est égal au courant différentiel-résiduel assigné de fonctionnement $I\Delta n$.

U = tension limite conventionnelle (U_L) ou tension de contact présumée selon le cas

R_A = résistance de la prise de terre des masses

Si cette condition ne peut être remplie, on doit installer une liaison équipotentielle supplémentaire, en accord avec le paragraphe 14.8.2.

11.4 Dispositifs de protection

On recommande l'utilisation des dispositifs de protection suivants:

- dispositifs à courant différentiel-résiduel;
- dispositifs à maximum de courant.

Cependant, l'utilisation de dispositifs à tension de défaut n'est pas exclue pour les schémas utilisant une tension inférieure ou égale à 1 000 V.

11. Protective measures for TT systems

In TT systems, the earthable point (neutral point) is directly connected to an earth electrode with no impedance (other than the impedance of the protective conductor) being inserted between the earthable point and the earth electrode.

The exposed conductive parts are connected, either individually or in groups or as a whole, to one or several earth electrodes independent of the earth electrode of the earthable point.

For systems wholly contained within movable or mobile apparatus, the metallic structure shall form the earth electrode and the earthable point shall be connected to the metallic structure.

In the event of a fault between a phase conductor and an exposed conductive part, the touch voltage shall be limited in accordance with Clause 8.

11.1 *Neutral conductor insulation and installation*

The neutral conductor, if any, shall be insulated and installed in the same manner as a phase conductor.

11.2 *Bonding of exposed conductive parts*

All exposed conductive parts of electrical equipment protected by a common protective device shall be interconnected and connected by a protective conductor to a common earth electrode. If several protective devices are used in series, this requirement applies to each group of exposed conductive parts protected by the same device.

Exposed conductive parts which are simultaneously accessible shall be connected to a common earth electrode.

11.3 *Conditions to be fulfilled following a fault*

In order to comply with the requirements of Sub-clause 8.3, the following condition shall be fulfilled:

$$I_a \cdot R_A \leq U$$

in which:

I_a = current ensuring operation of the disconnecting device within the appropriate time for the prospective touch voltage—maximum operating time curve, in accordance with Sub-clause 8.3.

If a residual-current-operated device is used, I_a is equal to the rated operating residual current $I\Delta n$.

U = conventional voltage limit (U_L) or prospective touch voltage as the case may be

R_A = resistance of the earth electrode of the exposed conductive parts

If this condition cannot be satisfied, supplementary equipotential bonding in accordance with Sub-clause 14.8.2 shall be installed.

11.4 *Protective devices*

The use of the following protective devices is recommended:

- residual-current operated;
- overcurrent operated.

However, the use of fault-voltage-operated devices is not excluded for systems up to and including 1 000 V.

12. Mesures de protection pour schémas IT

Dans les schémas IT, le point de mise à la terre du réseau est soit isolé de la terre, soit relié à la terre à travers une impédance, et les masses sont reliées à une ou plusieurs prises de terre, individuellement, en groupe, ou comme un tout. Lorsque le courant de défaut, dans le cas d'un seul défaut aux masses, est de valeur suffisamment basse et que la limite conventionnelle de tension U_L n'est pas dépassée, la coupure de l'alimentation n'est pas nécessaire. Certaines mesures doivent cependant être prises de façon à éviter tout risque de danger au cas où deux défauts viendraient à se produire en même temps (phase à la terre à phase).

Quand on a affaire à un schéma dans lequel l'alimentation vient d'un schéma TN ou TT à travers une bobine d'inductance de protection contre les surintensités en cas de défaut à la terre par compensation du neutre (inductance homopolaire), ce qui cause la restriction à une valeur basse du courant de défaut à la terre, ce schéma entre dans la définition des schémas IT.

Si la compensation du neutre est obtenue par l'application de dispositifs limitant le courant de défaut à la terre, ces dispositifs devront répondre aux prescriptions spéciales énoncées à l'article 13.

12.1 Séparation ou mise à la terre du point de mise à la terre du réseau

Le point de mise à la terre peut être soit isolé de la terre, soit relié à la terre à travers une impédance (dans ce cas, c'est le point neutre qui est relié à la terre à travers une impédance).

L'utilisation de points de mise à la terre artificiels est admise.

Note. — De telles mises à la terre peuvent être nécessaires pour réduire les surtensions ou les oscillations.

12.2 Isolation et installation du conducteur neutre

Le conducteur neutre éventuel doit être isolé et installé de la même façon qu'un conducteur de phase. Il est fortement recommandé de ne pas utiliser le conducteur neutre pour la connexion de charges.

12.3 Liaison équipotentielle des masses

Toutes les masses doivent être mises à la terre individuellement, en groupe, ou comme un tout, et peuvent être reliées directement à la terre (voir figures 11 et 12, pages 40 et 42).

La résistance totale à la terre R_A de toutes les masses reliées à une prise de terre par le conducteur de protection doit répondre à la condition suivante:

$$I_d \cdot R_A \leq U_L$$

où:

I_d = courant de défaut en cas de premier défaut franc à la terre 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

U_L = tension de contact présumée

12.4 Fonctionnement des dispositifs de protection en cas de défaut

a) A l'apparition du premier défaut

Si la tension de contact présumée (paragraphe 12.3) dépasse U_L (paragraphe 8.2), le dispositif de protection doit déclencher la coupure de l'alimentation du circuit, en accord avec le paragraphe 8.3.

Si la tension de contact présumée ne dépasse pas U_L (paragraphe 8.2) et si les conditions suivantes sont remplies, le fonctionnement pourra continuer:

- i) Les mesures de protection sont conçues de façon à couper le courant en cas d'un défaut subséquent (phase à la terre à phase), en accord avec les prescriptions du point b) du paragraphe 12.4.

12. Protective measures for IT systems

In IT systems, the earthable point of the power system is either isolated from earth or earthed through an impedance, and the exposed conductive parts are connected to one or several earth electrodes either individually or in groups or as a whole. Where the fault current in the event of a single fault to exposed conductive parts is of sufficiently low value, and the conventional voltage limit U_L is not exceeded, disconnection of the source of supply may not be required. Measures shall be taken to avoid danger in case of the occurrence of two simultaneous earth faults (phase to earth to phase).

A system in which supply is taken from a TN or TT power system through an earth fault current limiting neutral displacement reactor (zero sequence reactor), restricting the earth fault current to a low value, complies with the definition of an IT system.

Where neutral displacement is to be achieved through the application of earth fault current limiting devices, such devices shall comply with the special requirements of Clause 13.

12.1 Isolation or earthing of the power system earthable point

The earthable point may be either isolated from earth or earthed through an impedance (in such cases, it is the neutral point that is connected to earth via an impedance).

The use of artificial earthable points is recognized.

Note. — Such earths may be necessary in order to reduce overvoltage or oscillation.

12.2 Neutral conductor insulation and installation

The neutral conductor, if any, shall be insulated and installed in the same manner as a phase conductor. It is strongly recommended that the neutral conductor should not be used for the connection of loads.

12.3 Bonding of exposed conductive parts

All exposed conductive parts shall be earthed individually, in groups, or as a whole and may be connected directly to the earth (see Figures 11 and 12, pages 41 and 43).

The total earthing resistance R_A of all exposed conductive parts connected by the protective conductor to an earth electrode shall meet the following requirement:

$$I_d \cdot R_A \leq U_L$$

where:

I_d = fault current in the case of the first dead fault between a phase conductor and an exposed conductive part. The value of I_d takes into account the leakage currents and the total earthing impedance of the electrical installation

U_L = prospective touch voltage

12.4 Operation of the protective devices under fault conditions

a) On the occurrence of first fault

Where the prospective touch voltage (Sub-clause 12.3) exceeds U_L (Sub-clause 8.2), the protective device shall disconnect the supply to the circuit in accordance with Sub-clause 8.3.

Where the prospective touch voltage does not exceed U_L (Sub-clause 8.2), operation may be continued subject to the following:

- i) The protective measures shall be designed to disconnect in the event of a subsequent fault (phase to earth to phase) in accordance with the requirements of Item b) of Sub-clause 12.4.

- ii) Un contrôleur d'isolement ou autre dispositif de protection adéquat sera prévu pour indiquer l'apparition d'un premier défaut d'une partie active de l'installation électrique, aux masses ou à la terre. (Pour les exceptions, voir paragraphe 12.4, point b)).

Ce dispositif devra émettre un signal audible et/ou visuel de façon à permettre l'élimination du défaut dans les délais les plus courts.

Il est recommandé de prévoir un dispositif ou une combinaison de dispositifs qui indiquent la zone du défaut avec une exactitude suffisante pour faciliter la coupure de la section défectueuse du circuit.

- iii) Cette continuité de fonctionnement est permise à condition que les risques d'incendie et les règles nationales de chaque pays aient été pris en considération. Si une machine mobile fonctionne avec un schéma d'alimentation tel que celui indiqué sur la figure 12, page 42, il est recommandé que son fonctionnement cesse aussitôt que cela est possible ou réalisable, après l'apparition du premier défaut.

b) *A l'apparition d'un deuxième défaut (phase à la terre à phase)*

Après l'apparition d'un premier défaut à la terre, il faut prévoir une mesure de protection qui permettra de couper l'alimentation dans le cas où un deuxième défaut viendrait à se manifester. Les conditions régissant cette sorte de protection et la coupure de courant sont celles des schémas TN ou TT, selon que toutes les masses sont ou non interconnectées au moyen d'un conducteur de protection.

L'utilisation d'un contrôleur d'isolement est fortement recommandée.

Note. — Les règles nationales de certains pays peuvent stipuler de prévoir un contrôleur d'isolement ou un autre dispositif similaire en accord avec la législation locale.

12.5 Dispositifs de protection

L'utilisation des dispositifs de protection suivants est recommandée:

- contrôleur d'isolement;
- dispositifs de protection à maximum de courant;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel;
- dispositifs de protection à tension différentielle-résiduelle (seulement pour applications spéciales).

13. Prescriptions relatives aux dispositifs limitant le courant de défaut à la terre

Dans les schémas IT, lorsqu'on doit faire usage de dispositifs limitant le courant de défaut à la terre par compensation du neutre, les types de dispositifs énumérés ci-après, avec les valeurs préférentielles limitant le courant de défaut à la terre, sont admis:

- pour les tensions inférieures ou égales à 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A;
- pour les tensions supérieures à 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A, 50 A.

La tension d'isolement assignée de ces dispositifs doit être la tension entre phases du schéma.

Note. — Les régimes cycliques et autres prescriptions concernant le régime assigné sont à l'étude.

13.1 Résistances de mise à la terre du neutre

Prescriptions spéciales à l'étude.

- ii) An insulation monitoring device or other suitable protective device shall be provided to indicate the occurrence of a first fault to exposed conductive parts or to earth from a live part of the electrical installation. (For exemptions, refer to Sub-clause 12.4, Item b).)

This device shall give an audible and/or visual signal in order to permit the elimination of the fault without delay.

It is recommended that a device or combination of devices be provided to indicate the area of the fault with sufficient accuracy to facilitate the disconnection of the faulty branch of the circuit.

- iii) Such continued operation is subject to consideration of the risk of fire and to the requirements of national rules. When operating a mobile machine with a power system as shown in Figure 12, page 43, it is recommended that operation be terminated as soon as possible or practical after occurrence of the first fault.

b) On the occurrence of a subsequent fault (phase to earth to phase)

After the occurrence of the first earth fault, protection shall be provided to disconnect the supply in the case of a second fault. The conditions of protection and disconnection are those specified for TN or TT systems, depending on whether or not all exposed conductive parts are interconnected by a protective conductor.

The use of an insulation monitoring device is strongly recommended.

Note. — The national rules of some countries may stipulate the provision of an insulation monitoring device or other similar device as a requirement in accordance with local legislative requirements.

12.5 Protective devices

The use of the following protective devices is recommended:

- insulation monitoring device;
- overcurrent-operated protective device;
- residual-current-operated protective device;
- residual-voltage-operated protective device (only for special applications).

13. Requirements for earth fault current limitation devices

In IT systems, where earth fault current limitation devices affording system neutral displacement are used, the forms listed below are recognized with the following preferred values of earth fault current limitation:

- for voltages up to and including 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A;
- for voltages above 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A, 50 A.

The rated insulation voltage of these devices shall be the phase-to-phase voltage of the system.

Note. — Cyclic-duty and other rating requirements are under consideration.

13.1 Neutral earthing resistors

Special requirements are under consideration.

13.2 Bobines d'inductance de mise à la terre du neutre et bobines d'extinction

On peut utiliser des bobines d'inductance pour limiter uniquement le courant de défaut à la terre ou pour agir comme bobines d'extinction, formant compensation pour le courant capacitif dans le cas de défauts entre phase et terre dans le réseau.

Ces bobines d'extinction peuvent être pourvues d'un enroulement séparé pour la connexion d'une résistance.

13.3 Bobines d'inductance triphasées de protection contre les surintensités en cas de défaut par compensation du neutre (inductance homopolaire)

Une bobine d'inductance de protection contre les surintensités en cas de défaut par compensation du neutre est destinée à être placée en série dans un schéma triphasé. Le point de mise à la terre (le point neutre dans ce cas) est mis à la terre, offrant ainsi une faible impédance au courant de charge mais une haute impédance aux courants homopolaires afin de limiter à une valeur spécifiée le courant qui pourrait apparaître lors d'un défaut entre une phase et la terre.

Les bobines d'inductance de ce type ne sont utilisées normalement que dans les schémas utilisant une tension supérieure à 1 000 V.

Une telle bobine d'inductance peut être utilisée au lieu d'un transformateur d'isolement pour restreindre les courants de défaut à la terre.

Les valeurs préférentielles du courant de défaut à la terre pour ces bobines d'inductance sont analogues à celles qui sont indiquées ailleurs dans cet article.

14. Mises à la terre et conducteurs de protection

14.1 Généralités

14.1.1 Les caractéristiques des mises à la terre doivent répondre aux prescriptions de sécurité et de fonctionnement de l'installation électrique et du matériel électrique qu'elle comporte. Suivant les prescriptions de l'installation, des mises à la terre peuvent être utilisées à la fois ou séparément pour des raisons de protection ou fonctionnelles.

14.1.2 Des mises à la terre doivent comprendre la ou les prises de terre, les conducteurs de protection ainsi que les autres éléments nécessaires à l'observation des prescriptions de la présente norme.

Notes 1. — La figure 14 représente les éléments d'une disposition typique de mise à la terre. Il convient de noter qu'il n'est pas nécessaire que tous les éléments représentés existent pour chaque disposition de mise à la terre, des éléments complémentaires pouvant être nécessaires dans certaines installations et certains éléments pouvant assurer des fonctions combinées.

2. — Il convient de ne pas interpréter ce paragraphe comme imposant l'utilisation de dispositions séparées de mise à la terre ou de conducteurs de protection distincts quand les prescriptions peuvent être satisfaites par d'autres moyens (voir Publication 621-4 de la CEI).

14.1.3 La conception, le choix et la mise en œuvre des mises à la terre doivent être tels que:

- a) les prescriptions du chapitre II concernant la protection contre les contacts indirects soient respectées;
- b) les prescriptions concernant le fonctionnement satisfaisant des dispositifs de protection soient respectées;
- c) les prises de terre et les conducteurs de protection soient conçus et installés de telle sorte que les prescriptions de protection et fonctionnelles soient respectées dans les conditions prévues;
- d) les courants de défaut à la terre (y compris les courants de double défaut dans le schéma IT) et les courants de fuite à la terre puissent circuler sans danger, particulièrement du point de vue des contraintes thermiques, thermomécaniques et des efforts électromécaniques;
- e) des mises à la terre aient la robustesse appropriée ou une protection mécanique complémentaire qu'exige l'estimation des influences externes;

13.2 *Neutral earthing reactors and arc suppression coils*

Reactors may be used to limit earth fault current alone or to act as arc suppression coils, compensating for capacitive current in the case of single phase to earth faults in the system.

Such arc suppression coils may be provided with a separate winding for connection of a resistor.

13.3 *Three-phase earth fault current limiting neutral displacement reactor (zero sequence reactor)*

An earth fault current limiting neutral displacement reactor is intended for use in series with a three-phase system, the earthable point (the neutral point in this case) is earthed, providing low impedance to load current but high impedance to zero sequence currents in order to limit to a specified value the current which would occur under a single phase to earth fault.

Normally reactors of this type are used only on systems above 1 000 V.

Such a reactor may be used in lieu of an isolating transformer for the purpose of restricting earth fault currents.

The preferred values of earth fault current limitation for these reactors are similar to those provided elsewhere in this clause.

14. **Earthing arrangements and protective conductors**

14.1 *General requirements*

14.1.1 The performance of the earthing arrangements shall satisfy the safety and functional requirements of the electrical installation and the equipment of that installation. The earthing arrangements may be used jointly or separately for protective or functional purposes according to the requirements of the installation.

14.1.2 The earthing arrangements shall include earth electrode(s), protective conductor(s) and other components necessary to meet the requirements of this standard.

Notes 1. — An illustration of the elements of a typical earthing arrangement is provided in Figure 14. It should be noted that not all of the elements illustrated need be present in every earthing arrangement, additional elements may be required in some installations, and some elements may have a combined function.

2. — This Sub-clause should not be interpreted as requiring the use of separate earthing arrangements or protective conductor(s) where the requirements can be met by other means (see IEC Publication 621-4).

14.1.3 The design, selection and installation of the earthing arrangements shall be such that:

- a) the requirements prescribed in Chapter II for protection against indirect contact are met;
- b) the requirements are met for proper functioning of protective devices;
- c) the earth electrode(s) and protective conductor(s) are designed and installed so that the protective and functional requirements are met under the expected conditions;
- d) earth fault currents (including currents resulting from phase-earth-phase faults in the case of IT systems) and earth-leakage currents can be carried without danger, particularly from thermal, thermo-mechanical and electro-mechanical stresses;
- e) they are adequately robust or have additional mechanical protection appropriate to the assessed conditions of external influences;

- f) la valeur de la résistance de prise de terre soit conforme aux prescriptions de protection et fonctionnelles de l'installation et supposée maintenue telle.

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

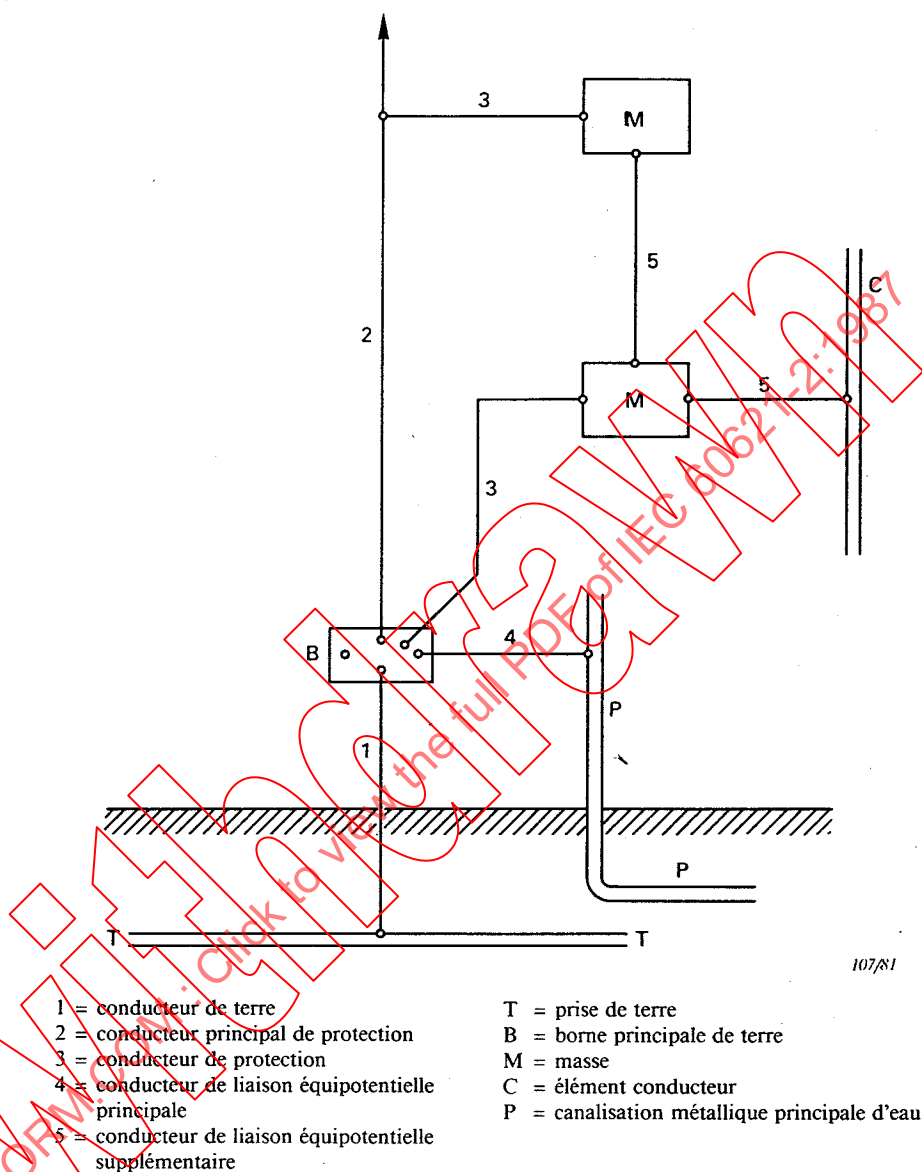


FIG. 14. — Représentation des éléments d'une disposition typique de mise à la terre.

14.2. Prises de terre

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

- piquets ou tubes;
- rubans ou fils;
- plaques ou treillis;
- ceinturage à fond de fouille;
- armatures du béton;
- autres structures enterrées appropriées.

- f) the value of earthing resistance is in accordance with the protective and functional requirements of the installation and expected to be continuously effective.

14.1.4 Precautions shall be taken to minimize damage to other metallic parts through electrolysis.

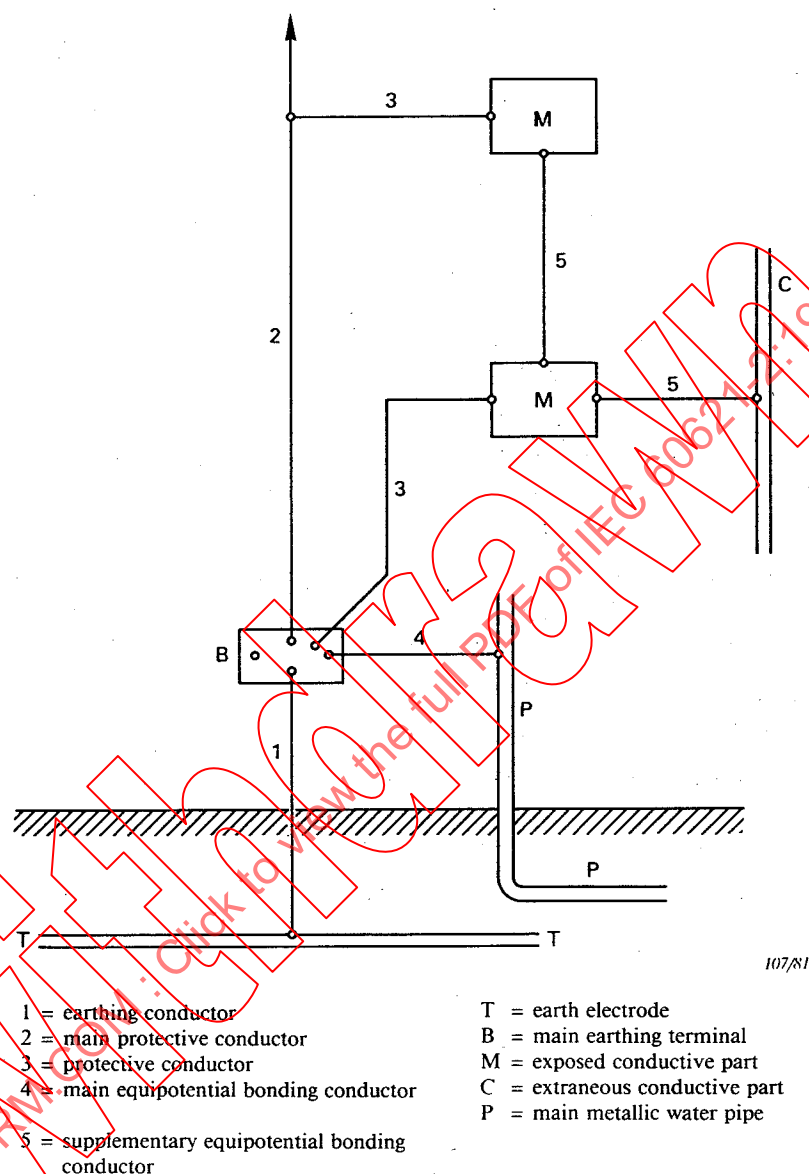


FIG. 14. — Illustration of the elements of a typical earthing arrangement.

14.2 Earth electrodes

14.2.1 The following types of earth electrode may be used:

- rod(s) or pipe(s);
- tape(s) or wire(s);
- plate(s) or mat(s);
- electrode(s) embedded in foundations;
- metallic reinforcement of concrete;
- other suitable underground structures.

Une ou plusieurs prises de terre doivent être choisies en fonction des conditions du sol et de la valeur de la résistance de terre prescrite.

Pour les installations semi-fixes et mobiles, la structure métallique doit être considérée comme constituant la prise de terre pour les installations isolées d'une source extérieure ou alimentées par une source incorporée.

Notes 1. — L'efficacité d'une prise de terre dépend des conditions locales du sol. Quand ces conditions empêchent la réalisation d'un bon contact électrique, il peut être avantageux de faire appel à des procédés d'excavation à la mine ou de recourir à l'addition d'agents de liaison chimiques.

2. — Dans certains cas, des prises de terre séparées peuvent être exigées (voir paragraphe 14.5).

14.2.2 Le matériau et la section totale d'une prise de terre doivent assurer une conductance non inférieure à celle du conducteur de terre prescrite par le paragraphe 14.3.1.

14.2.3 Le type des prises de terre et leur profondeur d'enfouissement doivent être tels que l'assèchement ou le gel du sol n'augmentent pas la résistance de la prise de terre au-dessus de la valeur prescrite. Si possible, les prises de terre doivent être enfoncées au-dessous du niveau d'humidité permanente, à l'exception des prises servant au contrôle de la tension de pas.

14.2.4 La conception des prises de terre doit tenir compte du type de sol, de sa température, de sa teneur en humidité ainsi que de la valeur et de la durée du courant prévu, de manière à éviter un assèchement du sol au voisinage des prises.

14.2.5 La conception, le choix des matériaux et la réalisation des prises de terre doivent tenir compte des dégradations possibles et de l'augmentation éventuelle de résistance dues à la corrosion pendant la durée prévue d'exploitation de l'installation.

14.2.6 La résistance de terre doit être mesurée au moment de la mise en œuvre de la prise de terre et vérifiée périodiquement par la suite.

14.2.7 Les canalisations métalliques d'eau ou celles qui sont affectées à d'autres services (par exemple, liquides ou gaz inflammables, chauffage central) ne doivent pas être utilisées comme prises de terre pour des raisons de protection ou fonctionnelles.

Note. — Cette prescription n'exclut pas la liaison équipotentielle avec des canalisations métalliques.

14.2.8 Les gaines de plomb et autres enveloppes de câbles ne doivent pas servir de prises de terre pour des raisons de protection ou fonctionnelles.

14.3 Conducteurs de terre

14.3.1 La section de tout conducteur de terre doit être au moins égale à celle déterminée conformément aux prescriptions du paragraphe 14.6.2, sans toutefois être inférieure à la valeur appropriée du tableau IX.

TABLEAU IX

Section minimale des conducteurs de terre

	Section minimale	
	Protégé mécaniquement	Non protégé mécaniquement
Protégé contre la corrosion	Suivant le paragraphe 14.6.2	16 mm ² pour le cuivre et les matériaux ferreux
Non protégé contre la corrosion	25 mm ² pour le cuivre 50 mm ² pour les matériaux ferreux	

One or more earth electrodes suitable for the soil conditions and value of earth resistance required shall be selected.

In the case of movable and mobile installations, the metallic structure shall be considered as being the earth electrode for electrical systems which are isolated from an external power supply or which are obtained from a self-contained power supply.

Notes 1. — The efficacy of any earth electrode depends on local soil conditions. Where conditions preclude satisfactory electrical contact, the use of techniques such as blasting and/or the addition of chemical fillers may be advantageous.

2. — In some cases, separate earth electrode arrangements may be required (see Sub-clause 14.5).

14.2.2 The material and total cross-sectional area of the earth electrode(s) shall be such as to provide a conductance of not less than that of the earthing lead required in accordance with Sub-clause 14.3.1.

14.2.3 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. Where practicable, the earth electrodes shall be embedded below permanent moisture level, except for electrodes which are used for gradient control.

14.2.4 The design of the electrodes shall take into consideration the type, temperature and moisture content of the soil as well as the magnitude and duration of expected current flow so as to prevent soil dryness in the vicinity of the electrodes.

14.2.5 The design, selection of materials and construction of earth electrodes shall take into consideration the possible deterioration and increase of resistance due to corrosion over the expected period of use of the installation.

14.2.6 The earth resistance shall be measured when the electrode is initially installed and shall be periodically checked thereafter.

14.2.7 Metallic pipe systems for water or other services (e.g. flammable liquids or gases, heating systems) shall not be used as earth electrodes for protective or functional purposes.

Note. — This requirement does not preclude connections to metallic pipe systems for equipotential bonding.

14.2.8 Lead sheaths and other metallic coverings of cables shall not be used as earth electrodes for protective or functional purposes.

14.3 Earthing conductors

14.3.1 Every earthing conductor shall have a cross-sectional area of not less than that determined in accordance with Sub-clause 14.6.2, but the cross-sectional area shall in no case be less than the appropriate value prescribed in Table IX.

TABLE IX

Minimum size of earthing conductors

	Minimum cross-sectional area	
	Mechanically protected	Mechanically unprotected
Protected against corrosion	As determined by Sub-clause 14.6.2	16 mm ² for copper and ferrous materials
Not protected against corrosion	25 mm ² for copper 50 mm ² for ferrous materials	

- 14.3.2 La liaison d'un conducteur de terre à une prise de terre doit être robuste et assurer une continuité électrique satisfaisante. En cas d'utilisation d'un collier, celui-ci ne doit pas endommager la prise (tuyau par exemple), ni le conducteur de terre.

Les liaisons entre conducteurs de terre et prises de terre doivent être protégées contre les dommages mécaniques et la corrosion.

Note. — Dans certaines installations, il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs prises de terre; dans ces circonstances, il peut être souhaitable que les points de liaison aux prises soient accessibles pour effectuer des mesures.

14.4 Bornes principales de terre

- 14.4.1 Il est recommandé de prévoir une ou plusieurs bornes principales de terre pour relier:

- des conducteurs de protection;
- des conducteurs de liaison équipotentielle principale;
- des conducteurs de mise à la terre fonctionnelle, si nécessaire, ainsi que leurs liaisons au conducteur de terre.

- 14.4.2 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, doit être mécaniquement sûr et assurer la continuité électrique.

14.5 Interconnexion avec les mises à la terre d'autres installations

14.5.1 Installations à haute tension

Pas de prescriptions actuellement.

14.5.2 Installations de protection contre la foudre

Pas de prescriptions actuellement.

14.6 Conducteurs de protection

14.6.1 Types de conducteurs de protection

Les conducteurs de protection peuvent être:

- des conducteurs dans des câbles multiconducteurs;
- des conducteurs nus ou isolés dans une enveloppe commune avec des conducteurs de phase;
- des conducteurs séparés, nus ou isolés;
- des revêtements métalliques de certains câbles, par exemple gaines, écrans ou armures;
- des enveloppes métalliques appropriées pour les conducteurs;
- des parties appropriées de la construction, admises dans la Publication 621-4 de la CEI et dans des conditions analogues.

14.6.2 Sections minimales

14.6.2.1 Prescriptions fondamentales

Les conducteurs de protection doivent avoir une section telle:

- a) qu'ils supportent les conditions thermiques pouvant apparaître en cas de défaut (voir paragraphe 14.6.2.2), et

14.3.2 The connection of an earthing conductor to an earth electrode shall be soundly made and provide satisfactory electrical continuity. Where a clamp is used, it shall not damage the electrode (e.g. a pipe) or the earthing conductor.

Connections between earthing conductors and earth electrodes shall be protected against mechanical damage and corrosion.

Note. — In certain installations it may be necessary to use more than one electrode, and in these circumstances it may be desirable for the points of connection to the electrodes to be accessible for testing purposes.

14.4 *Main earthing terminals or bars*

14.4.1 It is recommended that one or several main earthing terminal(s) or bar(s) be provided for the interconnection of:

- protective conductors;
- main equipotential bonding conductors;
- functional earthing conductors, if required,
and for their connection to the earthing conductor.

14.4.2 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 disconnectible only by means of a tool, shall be mechanically strong, and ensure the maintenance of electrical continuity.

14.5 *Interconnection with earthing arrangements of other systems*

14.5.1 *High-voltage systems*

No requirement at present.

14.5.2 *Lightning protection systems*

No requirement at present.

14.6 *Protective conductors*

14.6.1 *Types of protective conductor*

Protective conductors may be:

- conductors in multicore cables;
- insulated or bare conductors in a common enclosure with phase conductors;
- separate bare or insulated conductors;
- metal coverings for conductors or cables, for example, sheaths, screens, or armouring;
- suitable metallic enclosures for conductors;
- suitable structural parts as permitted in IEC Publication 621-4 and in other cases where similar conditions exist.

14.6.2 *Minimum cross-sectional area*

14.6.2.1 *Basic requirements*

The cross-sectional area of the protective conductor shall be selected to ensure:

- a) that it will withstand the thermal conditions which may be experienced in the case of a fault (see Sub-clause 14.6.2.2), and

- b) qu'ils présentent une robustesse mécanique appropriée pour assurer l'intégrité du conducteur dans les conditions prévues (voir paragraphe 14.6.2.3).

En outre, étant un élément des mises à la terre, le conducteur de protection doit satisfaire, seul ou avec d'autres éléments, aux prescriptions du chapitre II pour la protection contre les contacts indirects et pour le fonctionnement correct des dispositifs de protection.

14.6.2.2 Section minimale en fonction des considérations thermiques

La section des conducteurs de protection doit être calculée ou choisie selon les méthodes a) ou b) décrites ci-après, suivant le cas:

a) Méthode de calcul

La section ne doit pas être inférieure à la valeur calculée par la formule suivante (applicable seulement pour des temps de coupure inférieurs à 5 s):

$$A = \frac{k_1 \sqrt{I^2 t}}{k}$$

où:

A = section, en millimètres carrés

I = valeur (efficace en courant alternatif) du courant de défaut pour un défaut d'impédance négligeable qui peut traverser le dispositif de protection, 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 ($I^2 t$) du dispositif de protection.

k est un facteur dont la valeur dépend de la nature du métal du conducteur de protection, de l'isolation et autres parties, ainsi que des températures initiale et finale

k_1 est un facteur qui tient compte de l'effet d'asymétrie des courants de défaut pour les temps de fonctionnement faibles. Il est recommandé de prendre 1 pour les temps de fonctionnement supérieurs ou égaux à 0,2 s et 1,3 pour les temps de fonctionnement inférieurs

La valeur de k doit être déterminée suivant les indications de l'annexe A.

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.

b) Méthode de sélection

La section des conducteurs de protection ne doit pas être inférieure à la valeur appropriée, indiquée dans le tableau X. Si l'application du tableau conduit à des valeurs non normalisées, il y a lieu d'utiliser les conducteurs ayant la section normalisée immédiatement supérieure.

Lorsque la section d'un conducteur de protection est déterminée à partir de cette méthode, il n'est pas nécessaire de procéder à la vérification de la conformité selon le point a) ci-dessus.

Les valeurs du tableau X ne sont valables que si le conducteur de protection est constitué du même métal que celui des conducteurs de phase. S'il n'en est pas ainsi, la section du conducteur de protection est déterminée de manière à présenter une conductance équivalente à celle qui résulte de l'application du tableau X.

TABLEAU X

Choix de la section minimale des conducteurs de protection

Section des conducteurs de phase de l'installation A_p (mm ²)	Section minimale du conducteur de protection correspondant A (mm ²)
$A_p \leq 16$	A_p
$16 < A_p \leq 35$	16
$A_p > 35$	$\frac{A_p}{2}$

- b) that it has adequate mechanical strength to ensure the integrity of the conductor under the expected conditions (see Sub-clause 14.6.2.3).

In addition, the protective conductor, as an element of the earthing arrangement, shall satisfy, either alone or in conjunction with other elements of the earthing arrangement, the requirements of Chapter II for protection against indirect contact and for the proper operation of protective devices.

14.6.2.2 Minimum cross-sectional area based on thermal considerations

The cross-sectional area of the protective conductor shall be either calculated or selected in accordance with the procedure described in Item a) or b) below, as applicable:

a) Calculation procedure

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

$$A = \frac{k_1 \sqrt{I^2 t}}{k}$$

where:

A = 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 ($I^2 t$) of the protective device.

k is a factor dependent on the material of the protective conductor, insulation and other parts, and the initial and final temperatures

k_1 is a factor which takes into account the effect of asymmetrical fault currents for short operating times. It is recommended that a factor of 1 be used for operating times of 0.2 s or greater, and 1.3 for operating times of less than 0.2 s

The value of k for the calculation shall be selected in accordance with Appendix A.

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

b) Selection procedure

The cross-sectional area of the protective conductor shall be not less than the appropriate value shown in Table X. If the application of this table produces non-standard sizes, conductors having the next largest standard cross-sectional area shall be used.

Where the cross-sectional area of the protective conductor is determined in accordance with the above procedure, checking of compliance with Item a) above is not necessary.

The values in Table X 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 shall be determined in a manner which produces a conductance equivalent to that which results from the application of Table X.

TABLE X

Selection of minimum cross-sectional area for protective conductors

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

14.6.2.3 Section minimale en fonction des considérations de robustesse mécanique

Nonobstant la valeur déterminée selon les prescriptions du paragraphe 14.6.2.2, la section des conducteurs de protection ne doit pas être inférieure à la valeur appropriée prescrite ci-après, aux points *a)* à *d)* inclus, pour lui assurer une robustesse mécanique adéquate. Les valeurs prescrites sont basées sur l'emploi de conducteurs en cuivre; une robustesse mécanique équivalente doit être assurée pour les conducteurs réalisés en matériaux différents.

a) Conducteurs de protection posés séparément

La section de chaque conducteur de protection qui ne fait pas partie d'un câble ou de l'enveloppe de ce dernier ne doit pas être inférieure aux valeurs ci-après:

- 2,5 mm², si les conducteurs de protection comportent une protection mécanique;
- 4,0 mm², si les conducteurs de protection ne comportent pas de protection mécanique.

b) Conducteurs de protection posés avec des conducteurs de phase

Lorsque des conducteurs de protection et des conducteurs de phase de section ne dépassant pas 2,5 mm² sont posés dans le même câble ou conduit, dans la même gaine ou autre revêtement protecteur, les conducteurs de protection doivent avoir la même section que les conducteurs de phase.

c) Conducteurs de protection des installations à haute tension

Lorsque les conducteurs de phase sont alimentés à plus de 1 000 V, la section du conducteur de protection associé ne peut être inférieure à 16 mm².

d) Conducteurs de protection en pose aérienne et suspendue

Les conducteurs de protection aériens et suspendus ne doivent pas avoir une section inférieure à celle qui est prescrite au tableau XI suivant la portée et le type de conducteur. Des conducteurs de section plus forte peuvent être nécessaires en cas de conditions sévères de givre et de vent.

TABLEAU XI

*Section minimale des conducteurs de protection
en pose aérienne ou suspendue*

Type de conducteur de protection	Portée	Section minimale
Câbles résistants aux intempéries à conducteurs recuits et isolés au caoutchouc ou aux matières thermoplastiques	≤ 10 m	4 mm ²
Conducteurs écrouis à froid nus ou revêtus	≤ 25 m	4 mm ²
	> 25 m ≤ 50 m	6 mm ²
	> 50 m ≤ 75 m	16 mm ²

14.6.3 Continuité électrique des conducteurs de protection

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

14.6.3.2 Les connexions des conducteurs de protection doivent demeurer accessibles pour vérification, à l'exception de celles noyées par un agent de remplissage ou scellées.

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

Note. — Pour les dispositifs de coupure des conducteurs neutres et de protection combinés (PEN), voir le paragraphe 10.4.

14.6.2.3 Minimum cross-sectional area based on mechanical strength considerations

Notwithstanding the size of the protective conductor determined in accordance with Sub-clause 14.6.2.2, the cross-sectional area shall be not less than the appropriate value prescribed below in Items a) to d) inclusive to ensure that it has adequate mechanical strength. The cross-sectional areas prescribed are based on the use of copper conductors; when other conductor materials are used equivalent strength shall be provided.

a) Separately installed protective conductors

The cross-sectional area of every protective conductor which does not form part of the cable or cable enclosure shall be not less than:

- 2.5 mm² if mechanical protection is provided;
- 4.0 mm² if mechanical protection is not provided.

b) Protective conductors installed with phase conductors

Where the protective conductor is installed in the same cable, conduit, sheathing or other protective covering as the phase conductors of size not greater than 2.5 mm², the protective conductor shall have the same cross-sectional area as the phase conductors.

c) Protective conductors of high-voltage installations

Where the phase conductors are supplied at above 1 000 V, the cross-sectional area of the associated protective conductor shall be not less than 16 mm².

d) Aerial and suspended protective conductors

Aerial and suspended protective conductors shall be not less than the relevant cross-sectional area prescribed in Table XI according to the length of span and type of conductor. Conductors of larger cross-sectional area may be required for severe icing or wind conditions.

TABLE XI

Minimum cross-sectional area of aerial and suspended protective conductors

Type of protective conductor	Span	Minimum cross-sectional area
Weatherproof rubber insulated or thermoplastic insulated cables with annealed conductors	≤ 10 m	4 mm ²
Bare or covered hard-drawn conductors	≤ 25 m	4 mm ²
	> 25 m ≤ 50 m	6 mm ²
	> 50 m ≤ 75 m	16 mm ²

14.6.3 Preservation of electrical continuity of protective conductors

14.6.3.1 Protective conductors shall be suitably protected against mechanical and chemical deterioration and electrodynamic effects.

14.6.3.2 Connections of protective conductors shall be accessible for inspection and testing except in the case of compound-filled or encapsulated joints.

14.6.3.3 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.

Note. — For switching devices in combined neutral and protective (PEN) conductors, see Sub-clause 10.4.

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

14.6.3.5 Dans les installations mobiles, il est recommandé de prévoir un contrôleur permanent de continuité du conducteur de protection de la source extérieure.

14.6.3.6 Les masses des matériels à relier aux conducteurs de protection ne doivent pas être connectées en série dans un circuit de protection.

14.7 *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 II.

14.7.1 *Conducteurs de protection utilisés en liaison avec les dispositifs de protection contre les surintensités*

Lorsque les dispositifs de protection contre les surintensités sont utilisés pour la protection contre les contacts indirects, dans des installations à courant alternatif, les conducteurs de protection doivent suivre le même parcours magnétique que les conducteurs de phase.

14.7.2 *Conducteurs de protection et de mise à la terre des dispositifs à tension de défaut* Pas de prescriptions actuellement.

14.8 *Liaison équipotentielle*

14.8.1 *Liaison équipotentielle principale*

Dans la mesure du possible, un conducteur de liaison équipotentielle principale doit relier les éléments conducteurs noyés dans la terre (par exemple canalisations métalliques collectives d'eau, structures métalliques, armatures des fondations) à la borne principale de terre ou à un point équivalent (voir figure 14, page 56).

Les conducteurs d'équipotentialité principale doivent présenter une conductance au moins égale à celle du conducteur principal de protection de l'installation. Toutefois, dans le schéma IT, pour les tensions au plus égales à 1 kV, la section peut être limitée à 25 mm² si le conducteur est en cuivre, ou à une section admettant un courant admissible équivalent s'il est en un autre métal.

14.8.2 *Liaison équipotentielle supplémentaire*

14.8.2.1 Si, dans une installation ou une partie d'installation, les conditions pour l'application des mesures de protection contre les contacts indirects faisant intervenir la coupure ne peuvent être respectées, il y a lieu d'assurer une liaison équipotentielle locale dite supplémentaire.

Cette liaison peut être assurée soit par des conducteurs supplémentaires soit par des structures métalliques supplémentaires, soit par une combinaison des deux.

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

En outre, la liaison de parties métalliques peut être nécessaire dans des emplacements dangereux (par exemple, aires de stockage de fuel) pour limiter les risques d'explosion.

14.8.2.2 La liaison équipotentielle supplémentaire doit relier:

- les masses simultanément accessibles, par exemple les châssis des matériels, les armures des câbles;
- les masses accessibles simultanément avec des éléments conducteurs, par exemple échelles, cheminements.

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

14.6.3.5 It is recommended that continuous continuity monitoring be provided for the protective conductor of trailing cables of the external power supply to mobile installations.

14.6.3.6 Exposed conductive parts of apparatus shall not be used to form part of the protective conductor of other equipment.

14.7 *Earthing arrangements for protective purposes*

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

14.7.1 *Protective conductors used with overcurrent-operated protective devices*

When overcurrent-operated protective devices are used for protection against indirect contact in a.c. systems, the protective conductors should follow the same magnetic path as the phase conductors.

14.7.2 *Earthing and protective conductors for fault-voltage-operated protective devices*

No requirement at present.

14.8 *Equipotential bonding*

14.8.1 *Main equipotential bonding*

Wherever practicable a main equipotential bonding conductor should be installed to connect extraneous conductive parts which are embedded in the earth (e.g. main metallic water pipes, metallic structures, metallic reinforcement of foundations) to the main earthing terminal or equivalent point (see Figure 14, page 57).

The main equipotential bonding conductor(s) shall have a current carrying capacity of not less than that of the main protective conductor of the installation. However, for IT systems of up to and including 1 kV, the cross-sectional area of the conductor need not exceed 25 mm² if of copper or a cross-sectional area affording equivalent current-carrying capacity in other metals.

14.8.2 *Supplementary equipotential bonding*

14.8.2.1 If, in an installation or part of an installation, the specified conditions for protection against indirect contact in the event of a fault cannot be fulfilled, then local bonding, known as supplementary equipotential bonding, shall be provided.

This may be achieved by the use of additional conductors, additional structural parts, or both.

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

In addition, the bonding of metallic parts may be necessary in hazardous locations (e.g. fuel storage areas) to minimize the risk of explosion.

14.8.2.2 *Supplementary equipotential bonding shall connect:*

- simultaneously accessible exposed conductive parts, e.g. frames of equipment, covers, exposed cable armour;
- exposed conductive parts simultaneously accessible to extraneous conductive parts, e.g. ladders, walkways.

14.8.2.3 La section des conducteurs d'équipotentialité supplémentaire doit satisfaire aux prescriptions a) ou b) ci-dessous, suivant le cas, et ne doit pas être inférieure à la valeur appropriée du tableau XII.

- a) Si le conducteur d'équipotentialité supplémentaire relie deux masses, sa section est au moins égale à la plus petite de celle des conducteurs de protection reliés à ces masses.
- b) Si le conducteur supplémentaire d'équipotentialité relie une masse à un élément conducteur, sa section est au moins égale à la moitié de celle du conducteur de protection relié à cette masse.

TABLEAU XII

*Section minimale des conducteurs
de liaison équipotentielle supplémentaire*

Tension nominale U (V)	Section minimale (mm ²)	
	Protégé mécaniquement	Non protégé mécaniquement
$0 < U \leq 1\,000$	2,5	4
$U > 1\,000$	10	10

* Les valeurs spécifiées dans le tableau s'appliquent aux conducteurs en cuivre. Lorsque d'autres matériaux sont utilisés, la section doit présenter un courant admissible équivalent.

14.8.2.4 En cas de doute, l'efficacité de la liaison équipotentielle supplémentaire est vérifiée en s'assurant que l'impédance Z entre toute masse considérée et tout élément conducteur simultanément accessible remplit la condition suivante:

$$Z \leq \frac{U}{I_a}$$

où:

U = tension de contact présumée (voir article 8)

I_a = courant de fonctionnement du dispositif de protection dans le temps spécifié au tableau VII ou VIII

Lorsque la liaison équipotentielle supplémentaire relie deux masses connectées à des sources séparées, la condition ci-dessus doit être satisfaite pour chacune des sources.

En pratique, pour les fusibles, il suffit de vérifier que cette condition est satisfaite pour la tension U_L et pour le courant de fonctionnement du fusible en un temps d'au plus 5 s.

14.8.2.3 The cross-sectional area of supplementary equipotential bonding conductors shall be in accordance with the requirements of *a)* or *b)* below, as appropriate, but shall be not less than the relevant value prescribed in Table XII.

- a)* Conductors connecting two exposed conductive parts shall have a cross-sectional area not less than that of the smaller protective conductor connected to the exposed conductive parts.
- b)* Conductors connecting exposed conductive parts to extraneous conductive parts shall have a cross-sectional area not less than half the cross-sectional area of the corresponding protective conductor.

TABLE XII

Minimum cross-sectional area of supplementary equipotential bonding conductors

Rated operating voltage U (V)	Minimum cross-sectional area (mm ²)	
	Mechanically protected	Mechanically unprotected
$0 < U \leq 1\,000$	2.5	4
$U > 1\,000$	10	10

*The cross-sectional areas specified in the table apply to copper conductors. Where other conductor materials are used, a cross-sectional area affording the equivalent current-carrying capacity shall be provided.

14.8.2.4 Where doubt exists regarding the effectiveness of supplementary equipotential bonding, it shall be confirmed that the impedance Z between simultaneously accessible exposed conductive parts and extraneous conductive parts fulfils the following condition:

$$Z \leq \frac{U}{I_a}$$

where:

U = prospective touch voltage (see Clause 8).

I_a = operating current of the protective device ensuring disconnection within the appropriate time specified in Table VII or VIII.

Where supplementary equipotential bonding is installed between exposed conductive parts of apparatus which are connected to separate supplies, the above condition shall be fulfilled for each of the supplies involved.

Where fuses are used, it is sufficient to confirm that the condition is fulfilled for the conventional voltage limit U_L and for the current ensuring the operation of the fuse within 5 s.

CHAPITRE III: PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS ET LES COURANTS DE DÉFAUT

INTRODUCTION

Ce chapitre établit les prescriptions minimales à suivre en vue de la protection contre les surintensités en ce qui concerne la protection contre les surcharges et contre les courts-circuits; il explique également la coordination des mesures de protection contre les surcharges et contre les courts-circuits et la coordination de cette protection avec les conducteurs et l'appareillage.

Ce chapitre étend les principes contenus dans la Publication 364 de la CEI pour la protection des conducteurs à la protection de l'appareillage pour ce qui est de la sécurité de l'installation et de la protection du personnel.

15. Règle générale

L'appareillage électrique et les conducteurs sous tension doivent être protégés par un ou plusieurs dispositifs de coupure automatique les séparant de l'alimentation dans le cas d'une surintensité due à une surcharge (article 17) ou à un court-circuit (article 18) sauf exceptions prévues par ces articles.

Les mesures de protection contre les surcharges et contre les courts-circuits doivent être coordonnées en accord avec l'article 19.

16. Nature des dispositifs de protection

Les dispositifs de protection doivent être choisis parmi les suivants:

16.1 *Dispositifs assurant la protection à la fois contre les courants de surcharge et contre les courants de court-circuit*

Ces dispositifs de protection devront convenir à la tension et avoir un pouvoir de coupure sur toute surintensité jusqu'à et y compris le courant de court-circuit présumé, au point où le dispositif est installé.

Ces dispositifs de protection pourront être:

- des disjoncteurs;
- certains types de coupe-circuit à fusibles;
- des disjoncteurs associés à des coupe-circuit à fusibles.

L'utilisation d'un dispositif de protection ayant un pouvoir de coupure inférieur à la valeur du courant de court-circuit présumé à l'endroit où le dispositif est installé est également acceptable et, dans ce cas, cette utilisation est soumise aux prescriptions du point a) i) du paragraphe 18.3.

Note. — La coordination des caractéristiques des coupe-circuit à fusibles avec les conducteurs est à l'étude.

16.2 *Dispositifs assurant seulement la protection contre les courants de surcharge*

Ces dispositifs de protection ont généralement des caractéristiques de fonctionnement à retard dépendant et leur pouvoir de coupure se situe au-dessous de la valeur du courant de court-circuit présumé.

CHAPTER III: PROTECTION AGAINST OVERCURRENT AND FAULT CURRENT

INTRODUCTION

This chapter sets out the minimum requirements for the protection against overcurrent in respect of overload protection and short-circuit protection, together with the co-ordination of overload and short-circuit protection and the co-ordination of this protection with the conductors and apparatus.

This chapter extends the principles developed by IEC Publication 364 for protection of conductors to the protection of apparatus in respect of safety of the installation and protection of personnel.

15. General rule

Electrical apparatus and live conductors shall be protected by one or more devices for automatic interruption of the supply in the event of overcurrent due to overload (Clause 17) and short circuits (Clause 18) except in the cases where exceptions are allowed by these clauses.

Protection against overload and against short circuits shall be co-ordinated in accordance with Clause 19.

16. Nature of protective devices

The protective devices shall be chosen from the following:

16.1 *Devices ensuring protection against both overload current and short-circuit current*

These protective devices shall be suitable for the voltage and be capable of breaking any overcurrent up to and including the prospective short-circuit current at the point where the device is installed.

Such protective devices may be:

- circuit-breakers;
- certain types of fuses;
- circuit-breakers in conjunction with fuses.

The use of a protective device having a breaking capacity below the value of the prospective short-circuit current at its place of installation is also recognized, and is subject to the requirements of Item a) i) of Sub-clause 18.3.

Note. — The co-ordination of fuse characteristics with conductors is under consideration.

16.2 *Devices ensuring protection against overload current only*

These are generally protective devices having inverse time-lag protective characteristics and whose breaking capacity is below the value of the prospective short-circuit current.

16.3 Dispositifs assurant seulement la protection contre les courants de court-circuit

Ces dispositifs peuvent être installés si la protection contre les surcharges est assurée par d'autres moyens ou n'est pas prescrite par cet article.

Ces dispositifs devront convenir à la tension et leur pouvoir de coupure sera tel qu'ils puissent couper tout courant de court-circuit jusqu'à et y compris le courant de court-circuit présumé.

Ces dispositifs peuvent consister en:

- disjoncteurs;
- certains types de coupe-circuit à fusibles.

17. Coupure automatique — Protection contre les surintensités dues à des surcharges

17.1 Conditions d'application

a) Conducteurs sous tension

Les dispositifs de protection doivent être choisis de façon que tout courant de surcharge dans les conducteurs soit coupé avant que ce courant ne puisse causer un échauffement préjudiciable aux isolants, aux joints, aux bornes ou extrémités de raccordement des conducteurs ou à l'environnement des canalisations.

Les exceptions à cette prescription sont données au point b) ci-dessous.

b) Appareillage électrique

Il convient que tout appareillage électrique qui peut causer une surintensité due à une surcharge soit muni d'un dispositif de protection contre les surcharges de façon à couper automatiquement l'alimentation vers l'appareillage en question.

Il est recommandé que les dispositifs de protection contre les surcharges ne soient pas installés dans des conducteurs alimentant un appareillage électrique qui, lors d'une interruption fortuite de l'alimentation, peut faire courir un danger aux personnes ou créer un plus grand risque pour l'appareillage mécanique ou électrique. Le cas peut se présenter, entre autres, avec:

- les circuits d'excitation des moteurs à courant continu et à courant alternatif (synchrone);
- les circuits d'alimentation des aimants de levage;
- les circuits secondaires de transformateurs de courant;
- les pompes de service d'incendie et certaines installations de pompage pour drainage;
- les élévateurs;
- les engins de levage;
- certaines pompes hydrauliques;
- les entraînements principaux d'une excavatrice;
- certains transporteurs;
- certains circuits de freinage;
- les systèmes d'éclairage de secours et de signalisation de secours.

Certains types d'appareillage électrique ne permettent pratiquement pas l'installation de dispositifs de protection contre les surcharges. C'est le cas pour les moteurs soumis à des charges périodiques ou cycliques.

La protection contre les surcharges peut également être obtenue par une limitation de la surintensité à une valeur et à une durée de sécurité. Cela peut être le cas par une étude appropriée de l'installation.

16.3 *Devices ensuring protection against short-circuit current only*

These devices may be installed if overload protection is achieved by some other means or is not a requirement under the provisions of this clause.

These devices shall be suitable for the voltage and be capable of breaking any short-circuit current up to and including the prospective short-circuit current.

Such devices may be:

- circuit breakers;
- certain types of fuses.

17. **Automatic interruption — Protection against overcurrent due to overload**

17.1 *Conditions of application*

a) *Live conductors*

Protective devices shall be provided to break any overload current flowing in the conductors before such a current can cause a temperature rise detrimental to insulation, joints, terminations or the surroundings of the conductors.

The exceptions to this requirement are given in Item b) below.

b) *Electrical apparatus*

Any electrical apparatus which may cause overcurrent due to overload should be provided with an overload protective device to interrupt automatically the supply to the apparatus.

It is recommended that overload protective devices should not be installed in conductors supplying electrical apparatus where the unexpected interruption of supply could subject persons to danger or cause greater hazard to mechanical or electrical apparatus. Such cases may include but not be limited to:

- excitation circuits for d.c. and a.c. (synchronous) motors;
- supply circuits of lifting magnets;
- current transformer secondary circuits;
- fire service pumps and certain drainage pump installations;
- elevators;
- hoists;
- special hydraulic pumps;
- excavator main drives;
- certain conveyors;
- certain braking circuits;
- emergency lighting and signalling.

For some types of electrical apparatus, it may not be practicable to provide an overload protective device, for example motors subjected to periodic or cyclic loading.

The protection against overload may also be fulfilled by the limitation of the overcurrent to a safe value and duration, for example by means of design.

c) Appareillage électrique et conducteurs sous tension

Il est permis de n'utiliser qu'un seul dispositif de protection contre la surcharge pour protéger à la fois l'appareillage électrique et les conducteurs de circuit associés.

17.2 Régime nominal des dispositifs de protection et des conducteurs

a) Courant assigné du dispositif de protection

Le courant assigné (I_n) du dispositif de protection ne devra pas être supérieur au courant admissible dans les conducteurs. Dans le cas d'un dispositif de protection réglable, le courant assigné I_n est supposé être le courant de réglage choisi.

b) Prescriptions de fonctionnement relatives aux disjoncteurs

A l'étude.

c) Prescriptions de fonctionnement relatives aux coupe-circuit à fusibles

A l'étude.

d) Prescriptions de fonctionnement pour les dispositifs thermosensibles

A l'étude.

e) Protection des conducteurs en parallèle

Lorsque plusieurs conducteurs sont en parallèle pour fournir l'alimentation à un matériel électrique et qu'ils sont protégés par le même dispositif de protection, le courant doit être pris comme étant la somme des courants admissibles dans chacun de ces conducteurs. Ces dispositions ne sont acceptables que si ces conducteurs ont les mêmes caractéristiques électriques (matériau conducteur, méthode d'installation, longueur, section) et qu'ils ne présentent aucune dérivation sur leur parcours.

Cette prescription n'exclut pas l'emploi de circuits bouclés.

17.3 Insertion du dispositif de protection contre les surcharges

a) Appareillage électrique et conducteurs sous tension

Tout dispositif de protection contre la surcharge, prévu conformément au point c) du paragraphe 17.1, afin de protéger l'appareillage électrique, mais qui est également destiné à protéger les conducteurs de circuit associés, devra être installé conformément au point b) du paragraphe 17.3 ci-dessous.

b) Conducteurs sous tension

Un dispositif de protection contre la surcharge doit être installé à l'endroit où un changement entraîne une réduction de la valeur des courants admissibles dans le conducteur, par exemple un changement de section, de nature, de mode de pose ou de constitution, excepté dans les cas suivants:

i) Cas du point b) du paragraphe 17.1.

ii) Si le dispositif de protection contre la surcharge du conducteur ayant le courant admissible le plus grand protège de façon satisfaisante le conducteur ayant le courant admissible le plus faible.

En variante, le dispositif de protection contre la surcharge pourra être installé à n'importe quel point du parcours du conducteur qu'il doit protéger, à condition que le parcours du conducteur qui se trouve entre, d'une part, le point où il se produit un changement dans la section, dans le matériau conducteur, dans le type d'isolation, dans la construction ou dans la méthode d'installation, et, d'autre part, l'endroit où le dispositif de protection est installé réponde à l'une des conditions suivantes:

c) *Electrical apparatus and live conductors*

The use of a single overload protective device for both electrical apparatus and the associated circuit conductors is permitted.

17.2 *Rating of protective devices and conductors*

a) *Rated current of the protective device*

The rated current (I_n) of the protective device shall not exceed the current-carrying capacity of the conductors. For the case where the device is adjustable, the rated current I_n is assumed to be the current setting selected.

b) *Operating requirements for circuit breakers*

Under consideration.

c) *Operating requirements for fuses*

Under consideration.

d) *Operating requirements for thermally actuated devices*

Under consideration.

e) *Protection of conductors in parallel*

Where several conductors are in parallel to provide a supply to one item of electrical equipment and are protected by the same protective device, the current shall be taken as the sum of the permissible current in each of those conductors. This provision is acceptable only if the conductors have the same electrical characteristics (conductor material, method of installation, length, cross-section) and do not have any branches along their run.

This requirement does not preclude the use of ring (loop) circuits.

17.3 *Arrangement of the overload protective device*

a) *Electrical apparatus and live conductors*

Any overload protective device provided in accordance with Item c) of Sub-clause 17.1 to protect electrical apparatus, and which is also recognized as providing protection for the associated circuit conductors, shall be installed in accordance with Item b) of Sub-clause 17.3 below.

b) *Live conductors*

An overload protective device shall be installed at the place of installation where the current-carrying capacity is reduced by a reduction in conductor cross-sectional area, or by the kind of conductor material, or by the type of insulation, or by the method of installation, except as follows:

- i) Under the condition of Item b) of Sub-clause 17.1.
- ii) Where the overload protective device for the conductor with the higher current-carrying capacity adequately protects the conductor with the lower current-carrying capacity.

Alternatively, the overload protective device may be fitted at any point of the conductor run for which it is providing such protection, provided that the part of the conductor run between the point at which there is a change in cross-section, conductor material, type of insulation, construction, or method of installation and the place of installation of the protective device fulfils one of the following conditions:

- iii) Le conducteur est protégé contre tous les courts-circuits conformément à l'article 18 et sur tout son parcours, il n'y a aucune dérivation.
- iv) La longueur du parcours du conducteur n'excède pas 3 m et il n'y a aucune dérivation sur ce parcours, et ce conducteur:
 - est réalisé de façon que, dans les conditions d'utilisation prévisibles, le risque de surcharge à la suite d'un défaut soit minimisé;
 - n'avoisine aucun matériau inflammable, et
 - n'est pas susceptible d'avoir des effets nocifs sur les êtres humains.

18. Coupure automatique — Protection contre les courts-circuits

18.1 Conditions d'application

Un dispositif de protection doit être prévu de façon à couper le courant de court-circuit survenant dans l'appareillage ou dans les conducteurs avant que ce courant de court-circuit ne crée des effets nocifs thermiques ou mécaniques aux conducteurs, à leurs connexions ou à l'appareillage électrique alimenté par le réseau.

18.2 Détermination des courants de court-circuit présumés

On peut déterminer comme suit les courants de court-circuit:

- soit par une méthode de calcul appropriée,
- soit au moyen d'un analyseur de schéma,
- soit par des mesures sur l'installation.

Note. — En ce qui concerne le dispositif de protection placé aux bornes d'arrivée d'une installation d'abonné, on pourra obtenir des autorités qui assurent la distribution d'électricité dans le secteur ou du fournisseur d'électricité, les informations nécessaires au sujet du courant de court-circuit présumé au point en question.

18.3 Prescriptions de fonctionnement concernant la protection contre les courts-circuits

a) Caractéristiques des dispositifs de protection contre les courts-circuits

Chaque dispositif de protection contre les courts-circuits doit répondre aux deux conditions suivantes:

- i) Le pouvoir de coupure ou d'interruption du courant doit tenir compte de la tension du réseau et du courant de court-circuit présumé à l'endroit où le dispositif de protection est installé.

Un pouvoir de coupure moindre est permis si un autre dispositif de protection ayant le pouvoir de coupure nécessaire est installé en amont. Dans ce cas, les caractéristiques des dispositifs doivent être coordonnées de façon que l'énergie pouvant passer par le dispositif d'amont ne dépasse pas celle que le dispositif d'aval ainsi que les conducteurs protégés par lui peuvent supporter sans dommage.

- ii) Tous les courants dus à un court-circuit se produisant à n'importe quel point du circuit doivent être coupés en un laps de temps qui ne doit pas excéder celui que permet l'énoncé du point b) ii) ci-après.

b) Température des conducteurs

- i) En ce qui concerne l'isolation et d'après les spécifications relatives aux conducteurs et aux câbles, les limites de température admises pour une durée de court-circuit de 0,2 s à 5 s, se situent comme suit:

- 160 °C pour le polychlorure de vinyle;

- iii) The conductor is protected against short circuit in accordance with Clause 18 and there are no branch circuits along the conductor.
- iv) The length of the part of the conductor run does not exceed 3 m and there are no branch circuits along it, and the conductor:
 - is constructed in such a way as to minimize, under the conditions of use expected, the risk of overload due to a fault;
 - is not located in the vicinity of any ignitable materials, and
 - is not likely to cause harmful effects to persons.

18. Automatic interruption — Protection against short circuits

18.1 Conditions of application

A protective device shall be provided to break a current flowing in circuit conductors resulting from a short circuit in either the conductors or the electrical apparatus supplied by the conductor system before that current can give rise to danger due to thermal and mechanical effects produced in the conductors, connections or electrical apparatus.

18.2 Determination of prospective short-circuit currents

Short-circuit currents may be determined:

- by an appropriate calculating method,
- by means of a network analyzer,
- by measurements in the installation.

Note. — Where the protective device is installed at the feeding point of a consumer's installation, information on the prospective short-circuit current at that point may be obtained from the distribution authority or supplier.

18.3 Operating requirements for short-circuit protection

a) Characteristics of short-circuit protective devices

Each short-circuit protective device shall meet both of the following conditions:

- i) The breaking or interrupting current capacity shall take into consideration the system voltage and the prospective short-circuit current at the place of installation.

A lower breaking capacity is permitted if another protective device having the necessary breaking capacity is installed on the supply side. In that case, the characteristics of the devices must be co-ordinated so that the energy let through by the device on the supply side does not exceed that which can be withstood without damage by the device on the load side and the conductors protected by these devices.

- ii) All currents caused by a short circuit occurring at any point of the circuit shall be interrupted in a time not exceeding that permitted by them (see Item b) ii) below).

b) Temperature of conductors

- i) With regard to the insulation, the permissible temperature limits for a short-circuit duration from 0.2 s up to 5 s based on the specifications for conductors and cables are:

- 160 °C for polyvinyl chloride;

- 200 °C pour le caoutchouc d'usage général (caoutchouc naturel ou caoutchouc SB), les tissus et papiers vernis;
- 220 °C pour le caoutchouc butyle;
- 250 °C pour le polyéthylène réticulé et pour le caoutchouc d'éthylène-propylène.

En ce qui concerne les bornes ou extrémités de raccordement des conducteurs, qu'elles soient brasées, soudées à l'arc ou à l'étain, ou jointes au moyen de colliers mécaniques ou de raccords à compression, il faut veiller aux effets de la température sur le moyen de liaison dans des conditions de défaut. Certains alliages de soudure se ramollissent à des températures inférieures à 180 °C et, de ce fait, perdent leur résistance mécanique. Il faut porter une attention particulière aux matériaux entourant les bornes aux extrémités de raccordement.

- ii) Dans l'hypothèse d'un échauffement adiabatique et en partant de la plus haute température admissible en service normal, le temps nécessaire à un courant de court-circuit donné pour produire la limite de température peut être calculé, en valeur approchée, par la formule:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{A}{I}$$

dans laquelle:

t = durée en secondes

A = section en millimètres carrés

I = courant de court-circuit effectif dans la section A , exprimé en valeur efficace

k = 115 dans le cas d'âmes de cuivre isolées au polychlorure de vinyle

k = 135 dans le cas d'âmes de cuivre isolées au moyen de n'importe quels matériaux énumérés au point i) ci-dessus, autre que le polychlorure de vinyle.

D'autres valeurs de « k » sont à l'étude, par exemple:

- d'autres températures de fonctionnement;
- divers matériaux isolants;
- les petits conducteurs (particulièrement ceux dont la section est inférieure à 10 mm²);
- les âmes d'aluminium.

Note. — La détermination des limites de température pour les courts-circuits durant plus de 5 s est à l'étude.

18.4 Emplacement des dispositifs de protection seulement contre les courts-circuits

- a) Un dispositif assurant la protection contre les courts-circuits doit être placé à l'endroit où une diminution de la section du conducteur ou un autre changement cause une modification de ses caractéristiques au sens du point a) du paragraphe 18.3, à l'exception des cas expliqués dans le point b) du paragraphe 18.4.
- b) On peut omettre de placer des dispositifs de protection contre les courts-circuits à un endroit tel que les conditions suivantes soient remplies simultanément:
- i) Un dispositif de protection placé en amont de l'endroit où un changement a lieu doit avoir des caractéristiques de fonctionnement telles qu'il protège contre les courts-circuits toute la longueur du conducteur installé en aval de l'endroit en question, conformément aux prescriptions énoncées au point b) ii) du paragraphe 18.3.
 - ii) La longueur du conducteur de section S_2 qui est installé en aval de l'endroit où le changement a lieu ne devra pas dépasser la valeur déterminée par un diagramme analogue à celui ci-après, dessiné à une échelle pratique:

- 200 °C for general purpose rubber (natural or SB-rubber), varnished cambric and paper;
- 220 °C for butyl rubber;
- 250 °C for cross-linked polyethylene and ethylene-propylene rubber.

With regard to the termination of conductors, whether soldered, brazed, welded, mechanically clamped, or compression socketed, consideration must be given to the effects of temperature upon the bonding medium under fault conditions. Certain solder alloys soften below 180 °C, resulting in the loss of mechanical strength. Suitable consideration must be given to the materials surrounding the termination.

- ii) On the assumption of adiabatic heating and starting from the highest permissible temperature in normal duty, the time that a certain short-circuit current needs to produce the limit temperature can be calculated approximately from the formula:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{A}{I}$$

in which:

t = duration in seconds

A = cross-sectional area in square millimetres

I = effective short-circuit current in cross-sectional area A , expressed as r.m.s. value

k = 115 for copper conductors insulated with polyvinyl chloride

k = 135 for copper conductors insulated with any of the materials listed in Item i) above, other than polyvinyl chloride

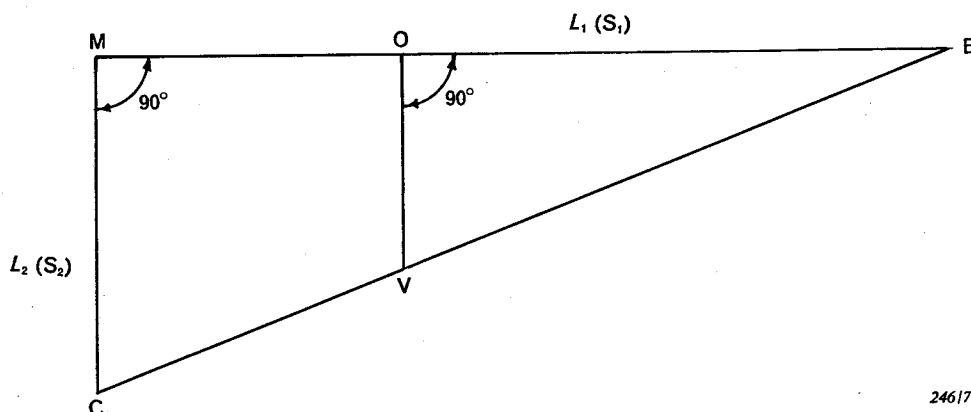
Other values of “ k ” are under consideration, for example:

- other operating temperatures;
- various insulating materials;
- small conductors (particularly for cross-sectional area less than 10 mm²);
- aluminium conductors.

Note. — Limiting temperatures for short circuits in excess of 5 s are under consideration.

18.4 Arrangements of devices for short-circuit protection only

- a) A device affording protection against short circuits shall be installed at the place where a reduction of the cross-section of the conductor or any other change causes a modification of the characteristics according to Item a) of Sub-clause 18.3, except as provided for in Item b) of Sub-clause 18.4.
- b) Protective devices against short circuits may be omitted at such a place if the following conditions are simultaneously fulfilled:
- i) A protective device installed on the supply side of the place where a change occurs shall have such an operating characteristic as to protect the length of conductor installed on the load side of that place against short circuits in accordance with the requirements stated in Item b) ii) of Sub-clause 18.3.
 - ii) The length of conductor with the cross-section S_2 that is installed on the load side of the place where the change occurs shall not exceed the value determined by a diagram similar to the following drawn to a convenient scale:



246/78

FIG. 15. — Diagramme déterminant la longueur du conducteur en aval à la suite d'une diminution de sa section.

où:

$MB = L_1$ représente la longueur maximale du conducteur de section S_1 qui est protégé contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé au point M

$MC = L_2$ représente la longueur maximale du conducteur de section S_2 qui est protégé contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé au point M

Le conducteur dérivé au point O, de section S_2 , et protégé sur une longueur maximale donnée contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé au point M, est représenté dans le diagramme ci-dessus par OV.

Note. — Les longueurs L_1 et L_2 doivent être déterminées par des moyens appropriés, en tenant compte de la tension du réseau, de l'impédance de la source, des paramètres du conducteur et du dispositif de protection.

c) On peut se dispenser de placer un dispositif de protection contre les courts-circuits dans les cas suivants:

- Quand les conducteurs utilisés ont une longueur ne dépassant pas 3 m et ont été placés de manière à éviter les courts-circuits;
- dans les cas de certains circuits de mesure;
- dans les circuits où une interruption fortuite de l'alimentation peut constituer une source de danger ou un risque (voir paragraphe 17.1, point b)).

19. Coordination des mesures de protection contre la surcharge et contre les courts-circuits

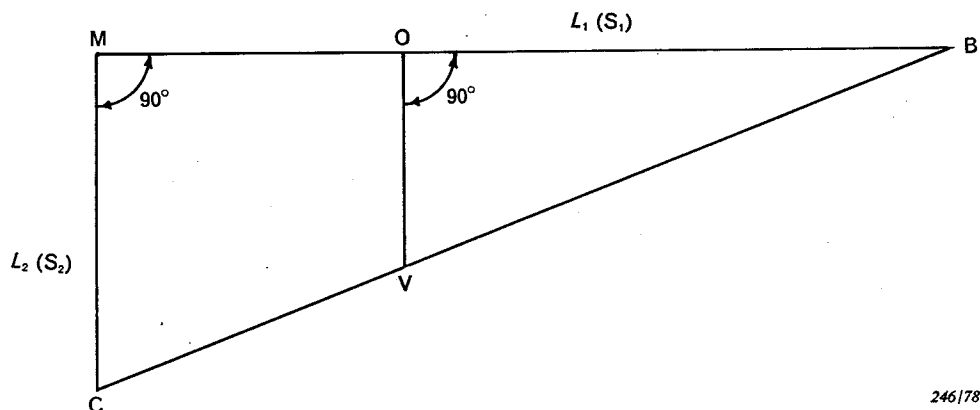
19.1 Cas où un seul dispositif assure la protection

Si, en accord avec le paragraphe 17.2, un dispositif de protection contre la surcharge a, à son point d'installation, un pouvoir de coupure, à la tension du réseau, supérieur ou égal à la valeur du courant de court-circuit présumé, il est admis que ce dispositif protège également, contre les courts-circuits, la partie du conducteur placée en aval du point d'installation du dispositif. Le dispositif en question est alors installé conformément au point a) du paragraphe 17.3 et au point a) du paragraphe 18.4.

19.2 Cas où des dispositifs séparés assurent la protection

Les prescriptions des articles 17 et 18 s'appliquent respectivement au dispositif de protection contre la surcharge et au dispositif de protection contre les courts-circuits.

Les caractéristiques de ces dispositifs doivent être coordonnées de façon que l'énergie laissée passer par le dispositif de protection contre les courts-circuits n'excède pas celle qui peut être supportée sans dommages par le dispositif de protection contre la surcharge.



246/78

FIG. 15. — Diagram for determining conductor length on load side following reduction in cross-sectional area.

where:

MB = L_1 is the maximum length of conductor with the cross-section S_1 that is protected against short circuits by the protective device provided at point M

MC = L_2 is the maximum length of conductor with the cross-section S_2 that is protected against short circuits by the protective device provided at point M

The maximum length of conductor branched off at point O with the cross-section S_2 , that is protected against short circuits by the device placed at point M, is given by OV.

Note. — Lengths L_1 and L_2 must be determined by appropriate means, considering the system voltage, source impedance, conductor parameters and protective device.

c) Protective devices against short circuits may be omitted in the following cases:

- conductors of a length not exceeding 3 m laid in a short-circuit proof manner;
- certain measuring circuits;
- circuits which in case of unexpected interruption of the supply could cause a danger or hazard (see Sub-clause 17.1, Item b)).

19. Co-ordination of overload and short-circuit protection

19.1 Protection afforded by one device

If an overload protective device in accordance with Sub-clause 17.2 has a breaking capacity at the system voltage equal to or greater than the value of the prospective short-circuit current at its point of installation, it is also considered to protect the conductor on the load side of that point against short circuits. This device is then placed as indicated in Item a) of Sub-clause 17.3 and Item a) of Sub-clause 18.4.

19.2 Protection afforded by separate devices

The requirements given in Clauses 17 and 18 apply respectively to the overload protective device and to the short-circuit protective device.

The characteristics of the devices must be co-ordinated so that the energy let through by the short-circuit protective device does not exceed that which can be withstood without damage by the overload protective device.

20. Limitations des surintensités par les caractéristiques d'alimentation ou de charge

20.1 *Limitation par la nature de la charge*

Des conducteurs qui alimentent seulement un appareillage connecté de façon permanente sont considérés comme étant protégés contre les courants de surcharge à condition que l'appareillage ne soit pas susceptible d'absorber des courants supérieurs, en valeur, au courant admissible par les conducteurs et que soit remplie la condition *i*) énoncée au point *b*) du paragraphe 17.3.

20.2 *Limitation par la nature de la source*

Si les conducteurs sont alimentés à partir d'une source qui ne peut fournir un courant supérieur, en valeur, au courant admissible par les conducteurs, la protection contre les courants de surcharge et de court-circuit est considérée comme assurée (par exemple certains types de transformateurs de sonnerie, de transformateurs d'appareils à souder, de génératrices entraînées par moteur thermique).