

**SPÉCIFICATION
TECHNIQUE
TECHNICAL
SPECIFICATION**

**CEI
IEC**

TS 61312-3

Première édition
First edition
2000-07

**Protection contre l'impulsion électromagnétique
générée par la foudre –**

**Partie 3:
Prescriptions relatives aux parafoudres**

**Protection against lightning electromagnetic
impulse –**

**Part 3:
Requirements of surge protective devices (SPDs)**



Numéro de référence
Reference number
IEC/TS 61312-3:2000

AVA Documents
Document Sharing Hub

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 61312-3

Première édition
First edition
2000-07

Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre –

Partie 3: Prescriptions relatives aux parafoudres

Protection against lightning electromagnetic impulse –

Part 3: Requirements of surge protective devices (SPDs)

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
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 XA
PRICE CODE

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	12
 Articles	
1 Domaine d'application.....	14
2 Références normatives	14
3 Définitions, abréviations et symboles	16
4 Menaces importantes – Paramètres du courant de foudre	22
5 Disposition des parafoudres en fonction du concept de zone de protection contre la foudre.....	24
5.1 Zones de protection contre la foudre.....	24
5.2 Définitions des zones.....	24
5.3 Disposition des parafoudres aux frontières entre zones	24
6 Prescriptions de fonctionnement des parafoudres	26
6.1 Transition de ZPF 0 _A à ZPF 1	26
6.2 Transition de ZPF 0 _B à ZPF 1	28
6.3 Transition de ZPF 1 à ZPF 2.....	30
7 Coordination de l'énergie	30
7.1 Objectif général de la coordination.....	30
7.2 Principes essentiels de coordination	32
7.2.1 Généralités	32
7.2.2 Coordination de parafoudres de type limitation en tension	32
7.2.3 Coordination entre un parafoudre à coupure de tension et un parafoudre à limitation en tension	34
7.2.4 Coordination entre parafoudres à coupure de tension	36
7.3 Variantes de coordination de base pour les systèmes de protection.....	38
7.4 Méthode de coordination selon l'«énergie passante» (EP)	40
7.5 Coordination entre un parafoudre et l'équipement à protéger.....	40
7.5.1 Choix du parafoudre.....	40
7.5.2 Emplacement du parafoudre	42
8 Synthèse.....	42
 Annexe A (informative) Exemples de coordination entre deux parafoudres.....	 60
A.1 Exemple de coordination de deux parafoudres à limitation en tension	60
A.2 Exemple de coordination entre deux parafoudres dont l'un est du type coupure en tension et l'autre du type à limitation en tension	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	13
 Clause	
1 Scope	15
2 Normative references	15
3 Definitions, abbreviations and symbols	17
4 Relevant threats – Lightning current parameters	23
5 Arrangement of SPDs within the Lightning Protection Zones concept	25
5.1 Lightning protection zones	25
5.2 Zone definitions	25
5.3 Arrangement of SPDs at the zone interfaces	25
6 SPD performance requirements	27
6.1 Transition from LPZ 0 _A to LPZ 1	27
6.2 Transition from LPZ 0 _B and LPZ 1	29
6.3 Transition from LPZ 1 to LPZ 2	31
7 Energy coordination	31
7.1 General objective of coordination	31
7.2 Fundamental coordination principles	33
7.2.1 General	33
7.2.2 Coordination of voltage limiting type SPDs	33
7.2.3 Coordination between voltage switching type and voltage limiting type SPDs	35
7.2.4 Coordination between voltage switching type SPDs	37
7.3 Basic coordination variants for protection systems	39
7.4 Coordination method according to "let-through energy" (LTE)	41
7.5 Coordination between an SPD and the equipment to be protected	41
7.5.1 Selection of the SPD	41
7.5.2 Place of installation	43
8 Summary	43
 Annex A (informative) Examples for coordination between two SPDs	61
A.1 Example of coordination between voltage limiting type SPDs	61
A.2 Example of coordination between voltage switching type SPD and voltage limiting type SPD	63

Annexe B (informative) Facteurs d'influence de la distribution du courant de foudre dans un système à protéger	74
B.1 Influence de la distribution du courant de foudre dans le réseau basse tension	74
B.1.1 Influence des câbles d'alimentation	74
B.1.2 Influence du transformateur	76
B.1.3 Influence du réseau de terre	76
B.1.4 Influence d'utilisateurs en parallèle	76
B.1.5 Méthode de calcul simplifiée	76
B.1.6 Calculs simplifiés des parafoudres	98
Annexe C (informative) Emplacement des parafoudres	100
C.1 Emplacement des parafoudres	100
Bibliographie	110
Figure 1a – Exemple de division d'une structure en plusieurs ZPF et en équipotentialités appropriées	44
Figure 1b – Exemple de conception de ZPF avec un parafoudre unique et un câble à double écran	44
Figure 2 – Exemple de division de structures en plusieurs ZPF avec les équipotentialités appropriées	46
Figure 3 – Modèle de base de coordination en énergie de parafoudres dans des structures avec faible impédance de la LEP (voir 8.1)	46
Figure 4a – Association de base de deux parafoudres (du type à limitation de tension)	48
Figure 4b – Principe de base pour la coordination en énergie de deux parafoudres du type à limitation de tension	48
Figure 5a – Association de deux parafoudres à coupure et à limitation de tension	50
Figure 5b – Principe de base pour la coordination en énergie de deux parafoudres de type à coupure et à limitation en tension	50
Figure 6a – Principe pour la détermination de l'inductance de découplage pour une coordination énergétique 10/350 µs et 0,1 kA/µs	52
Figure 6b – Principe pour la détermination de l'inductance de découplage pour une coordination énergétique 10/350 µs et 0,1 kA/µs	54
Figure 7 – Principe de coordination selon la variante I (SPD à limitation en tension)	56
Figure 8 – Principe de coordination selon la variante II (SPD à limitation en tension)	56
Figure 9 – Principe de coordination selon la variante III (SPD à coupure de tension/SPD à limitation en tension)	56
Figure 10 – Principe de coordination selon la variante IV	58
Figure 11 – Energie passante – Méthode de coordination avec les paramètres de choc normalisés	58
Figure A.1 – Circuit pour la coordination de deux parafoudres de type à limitation en tension	60
Figure A.2 – Caractéristiques courant/tension de deux parafoudres (type à limitation en tension)	60
Figure A.3 – Caractéristiques courant/tension de deux parafoudres à limitation en tension ..	62
Figure A.4 – Circuit pour la coordination d'un parafoudre SPD 1 du type coupure en tension et d'un parafoudre SPD 2 du type limitation en tension	62

	Page
Annex B (informative) Influencing factors on the lightning current distribution in a system to be protected	75
B.1 Influencing the lightning current distribution in the low-voltage system	75
B.1.1 Influence of supplying cables	75
B.1.2 Influence of the transformer	77
B.1.3 Influence of the earthing system	77
B.1.4 Influence of parallel consumers	77
B.1.5 Simplified calculation method.....	77
B.1.6 Simplified calculation for SPD requirements.....	99
Annex C (informative) Place of installation of SPD	101
C.1 Place of installation	101
Bibliography	111
Figure 1a – Example for dividing a structure into several LPZs and adequate bonding	45
Figure 1b – Example of the design of LPZs with a single SPD and a double-shielded cable .	45
Figure 2 – Example for dividing a structure into several LPZs, with the appropriate bonding.	47
Figure 3 – Basic model for energy coordination of SPDs in structures with a negligible low impedance of the CBN (see 8.1)	47
Figure 4a – Basic combination of two SPDs (voltage limiting type)	49
Figure 4b – Basic principle for energy coordination of two SPDs (voltage limiting type)	49
Figure 5a – Basic combination of two SPDs: voltage switching type (SPD 1) and voltage limiting type (SPD 2)	51
Figure 5b – Basic principle for energy coordination of two SPDs: voltage switching type and voltage limiting type.....	51
Figure 6a – Principle determination of decoupling inductance for energy coordination 10/350 µs and 0,1 kA/µs.....	53
Figure 6b – Principle for the determination of decoupling inductance for energy coordination 10/350 µs and 0,1 kA/µs.....	55
Figure 7 – Coordination principle according to variant I (voltage limiting type SPDs)	57
Figure 8 – Coordination principle according to variant II (voltage limiting type SPDs)	57
Figure 9 – Coordination principle according to variant III (voltage switching/voltage limiting type SPDs).....	57
Figure 10 – Coordination principle according to variant IV	59
Figure 11 – LTE – Coordination method with standard pulse parameters.....	59
Figure A.1 – Circuit diagram for coordination between two voltage limiting type SPDs.....	61
Figure A.2 – Current /voltage characteristics of two SPDs (voltage limiting type).....	61
Figure A.3 – Current and voltage characteristics at a combination of two voltage limiting type SPDs	63
Figure A.4 – Circuit diagram for coordination between voltage switching type SPD 1 and voltage limiting type SPD 2.....	63

Figure A.5 – Caractéristiques de courant et tension d'une association d'un parafoudre coupeure en tension et d'un parafoudre à limitation en tension – Pas d'amorçage de l'éclateur SPD 1	64
Figure A.6 – Caractéristiques de courant et tension d'une association d'un parafoudre coupeure en tension et d'un parafoudre à limitation en tension – Amorçage de l'éclateur SPD 1	64
Figure A.7a – Circuit pour la coordination	66
Figure A.7b – Caractéristiques courant/tension/énergie pour $L_{DE} = 8 \mu\text{H}$: Pas de coordination d'énergie – 10/350 μs	66
Figure A.7c – Caractéristiques courant/tension/énergie pour $L_{DE} = 10 \mu\text{H}$: Coordination d'énergie – 10/350 μs	68
Figure A.7 – Exemple de coordination d'énergie entre le parafoudre SPD 1 du type coupeure de tension et du parafoudre SPD 2 du type à limitation en tension pour 10/350 μs	68
Figure A.8a – Circuit pour la coordination	70
Figure A.8b – Caractéristiques courant/tension/énergie pour $L_{DE} = 10 \mu\text{H}$: Pas de coordination d'énergie – 0,1 kA/ μs	70
Figure A.8c – Caractéristiques courant/tension/énergie pour $L_{DE} = 12 \mu\text{H}$: Coordination d'énergie – 0,1 kA/ μs	72
Figure A.8 – Exemple de coordination d'énergie entre le parafoudre SPD 1 du type coupeure de tension et du parafoudre SPD 2 du type à limitation en tension pour 0,1 kA/ μs	72
Figure B.1 – Modèle de base pour la distribution du courant de foudre	78
Figure B.2 – Schéma du circuit du modèle de base pour la distribution du courant de foudre	80
Figure B.3 – Distribution du courant de foudre dans le réseau en fonction de la longueur du câble d'alimentation (voir figure B.2)	82
Figure B.4 – Distribution du courant de foudre pour une longueur du câble d'alimentation de 500 m (voir figure B.2)	84
Figure B.5 – Distribution du courant de foudre pour une longueur du câble d'alimentation de 50 m (voir figure B.2)	86
Figure B.6 – Distribution du courant de foudre pour diverses impédances du transformateur. Longueur du câble: 100 m (voir figure B.2)	88
Figure B.7 – Modèle pour la distribution du courant de foudre en cas d'utilisateurs en parallèle	90
Figure B.8 – Distribution du courant dans le cas d'un seul bâtiment en parallèle (voir figure B.7)	92
Figure B.9 – Calcul simplifié des courants partiels dans le réseau de distribution	94
Figure B.10 – Modèle pour la distribution du courant de foudre (voir aussi la figure B.11)	96
Figure B.11 – Circuit équivalent simplifié (voir aussi figure B.10)	98
Figure C.1 – Circuit d'essai pour simuler le parafoudre et diverses charges connectés par des câbles de différentes longueurs	102
Figure C.2 – Tensions sur le parafoudre et sur la charge (longueur du câble de connexion 1 m; voir figure C.1)	104
Figure C.3 – Tensions sur le parafoudre et sur la charge (longueur du câble de connexion 10 m; voir figure C.1)	106
Figure C.4 – Tensions sur le parafoudre et sur la charge (longueur du câble de connexion 100 m; voir figure C.1)	108
Tableau 1 – Paramètres du courant de foudre du premier impact	28

	Page
Figure A.5 – Current and voltage characteristics at a combination of a SPD voltage switching type and a SPD voltage limiting type: SPD 1 not ignited	65
Figure A.6 – Current and voltage characteristics at a combination of a SPD voltage switching type and a SPD voltage limiting type: SPD 1 ignited.....	65
Figure A.7a – Circuit diagram.....	67
Figure A.7b – Current/voltage/energy characteristics for $L_{DE} = 8 \mu\text{H}$: No energy coordination – 10/350 μs	67
Figure A.7c – Current/voltage/energy characteristics for $L_{DE} = 10 \mu\text{H}$: Energy coordination – 10/350 μs	69
Figure A.7 – Example of energy coordination between voltage switching type SPD 1 and voltage limiting type SPD 2 for 10/350 μs	69
Figure A.8a – Circuit diagram.....	71
Figure A.8b – Current/voltage/energy characteristics for $L_{DE} = 10 \mu\text{H}$: No energy coordination – 0,1 kA/ μs	71
Figure A.8c – Current/voltage/energy characteristics for $L_{DE} = 12 \mu\text{H}$: Energy coordination – 0,1 kA/ μs	73
Figure A.8 – Example of energy coordination between voltage switching type SPD 1 and voltage limiting type SPD 2 for 0,1 kA/ μs	73
Figure B.1 – Basic model for the lightning current distribution	79
Figure B.2 – Circuit diagram of the basic model for the lightning current distribution	81
Figure B.3 – Lightning current distribution through the system dependent on the length of the cable (see figure B.2)	83
Figure B.4 – Current distribution at cable length of 500 m (see figure B.2)	85
Figure B.5 – Current distribution at cable length of 50 m (see figure B.2)	87
Figure B.6 – Current distribution at different earthing impedances (transformer) Cable length: 100 m (see figure B.2)	89
Figure B.7 – Model for lightning current distribution in the case of parallel consumers.....	91
Figure B.8 – Current distribution in the case of one parallel building (see figure B.7).....	93
Figure B.9 – Simplified calculation of partial lightning current into the power distribution system	95
Figure B.10 – Model for the lightning current distribution (see also figure B.11).....	97
Figure B.11 – Simplified equivalent circuit (see also figure B.10).....	99
Figure C.1 – Test circuit for simulation SPD and different loads connected by cables with different lengths	103
Figure C.2 – Voltage at SPD and load (1 m length of cable; see figure C.1)	105
Figure C.3 – Voltage at SPD and load (10 m length of cable; see figure C.1)	107
Figure C.4 – Voltage at SPD and load (100 m length of cable; see figure C.1).....	109
Table 1 – Lightning current parameters of the first stroke	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROTECTION CONTRE L'IMPULSION ÉLECTROMAGNÉTIQUE GÉNÉRÉE PAR LA FOUDRE -

Partie 3: Prescriptions relatives aux parafoudres

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

La CEI 61312-3, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 81 de la CEI: Protection contre la foudre, partiellement en coopération avec le sous-comité 37A: Dispositifs de protection basse tension contre les surtensions, le comité d'études 64: Installations électriques et protection contre les chocs électriques, et sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence.¹⁾

¹⁾ Spécialement en ce qui concerne la coordination des parafoudres, une activité commune a fait l'objet d'un accord entre WG3 et JWG 31 du CE 64 (avec des membres du SC 28A, SC 37A, CE 64, SC 77B et CE 81). Des renseignements similaires sont présentés dans la CEI 61643-12 et la CEI 62066 (toutes deux à publier).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROTECTION AGAINST LIGHTNING ELECTROMAGNETIC IMPULSE –

Part 3: Requirements of surge protective devices (SPDs)

FOREWORD

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

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 61312-3, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection, partly in cooperation with subcommittee 37A: Low-voltage surge protective devices, technical committee 64: Electrical installations and protection against electric shock, and subcommittee 77B: High-frequency phenomena.¹⁾

¹⁾ Especially for the problem of SPD coordination, joint activity has been agreed with WG 3 of SC 37A and IEC 81 of TC 64 (with members from SC 28A, SC 37A, TC 64, SC 77B and TC 81). Similar information is presented in IEC 61643-12 and IEC 62066 (both to be published).

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
81/120/CDV	81/141/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette spécification technique.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

La CEI 61312 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre (IEMF):

- Partie 1: Principes généraux
- Partie 2: Blindage des structures, équipotentialité dans les structures et mise à la terre
- Partie 3: Prescriptions relatives aux parafoudres
- Partie 4: Protection des équipements dans les structures existantes

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée; ou
- amendée.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
81/120/CDV	81/141/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

IEC 61312 consists of the following parts, under the general title: Protection against lightning electromagnetic impulse:

- Part 1: General principles
- Part 2: Shielding of structures, bonding inside structures and earthing
- Part 3: Requirements of surge protective devices (SPDs)
- Part 4: Protection of equipment in existing structures

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition; or
- amended.

INTRODUCTION

Le concept de zones de protection contre la foudre (ZPF), conformément à la CEI 61312-1, nécessite l'installation de parafoudres, si une ligne électrique traverse la frontière entre deux zones. Ces parafoudres doivent être bien coordonnés pour obtenir un partage acceptable des contraintes entre les parafoudres, conformément à leur immunité contre les dommages, et pour réduire efficacement la menace primaire de la foudre contre les dommages de l'équipement à protéger. La présente spécification technique donne des méthodes et des règles pour assurer la coordination de l'énergie.

INTRODUCTION

The Lightning Protection Zones (LPZ) concept according to IEC 61312-1 requires the installation of SPDs, whenever an electrical line crosses the boundary between two zones. These SPDs shall be well coordinated to get an acceptable sharing of stress among the SPDs according to their immunities against damage and to effectively reduce the primary lightning threat to the immunities against damage of the equipment to be protected. This technical specification provides methods and rules to ensure the energy coordination.

PROTECTION CONTRE L'IMPULSION ÉLECTROMAGNÉTIQUE GÉNÉRÉE PAR LA FOUDRE –

Partie 3: Prescriptions relatives aux parafoudres

1 Domaine d'application

La présente spécification technique traite des prescriptions relatives aux parafoudres normalisés dans la CEI 61643-1. Ces parafoudres sont mis en oeuvre conformément au concept des zones de protection contre la foudre donné dans la CEI 61312-1.

D'abord, en se fondant sur les menaces primaires, la présente spécification technique donne des règles pour la détermination des contraintes sur chacun des parafoudres.

Pour les parafoudres mis en oeuvre dans des réseaux complexes, il est admis de diviser le réseau en éléments simples, en tenant compte des règles de la présente spécification. La connaissance des valeurs et des directions des courants de foudre partiels s'écoulant dans le réseau permet le choix des parafoudres appropriés.

La présente spécification technique traite ensuite de problèmes fondamentaux sur la coordination d'énergie des parafoudres, d'une part entre eux et d'autre part entre un parafoudre et l'équipement à protéger. Les caractéristiques spécifiques de chacun des parafoudres et la menace à l'emplacement de son installation sont prises en compte pour une coordination efficace. La preuve de cette coordination dans un réseau est brièvement décrite dans cette spécification.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61312. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61312 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

CEI 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61024-1, *Protection des structures contre la foudre – Première partie: Principes généraux*

CEI 61312-1, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 1: Principes généraux*

CEI 61312-2, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre (IEMF) – Partie 2: Blindage des structures, équipotentialité dans les structures et mise à la terre*

PROTECTION AGAINST LIGHTNING ELECTROMAGNETIC IMPULSE –

Part 3: Requirements of surge protective devices (SPDs)

1 Scope

This technical specification deals with the requirements of Surge Protective Devices (SPDs) standardized by IEC 61643-1. These SPDs are installed according to the Lightning Protection Zones concept given by IEC 61312-1.

First, starting from primary relevant threats, this technical specification gives instructions for the determination of the stress for individual SPDs.

For SPDs installed within a complex system, it is admissible to divide the system into simple basic arrangements, observing the rules described in this technical specification. When the values and directions of the partial lightning currents flowing within the system are known, the appropriate SPDs can be selected.

This technical specification also deals with basic questions of the energy coordination of SPDs among each other and between SPDs and the equipment to be protected. The specific characteristics of the individual SPDs and the threat at the respective place of installation are to be considered for effective coordination. The proof of the coordination of SPDs installed in a system, is described briefly in this specification.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61312. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61312 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Part 5: Surge immunity tests*

IEC 61024-1, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*

IEC 61312-1, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principles*

IEC 61312-2, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 2: Shielding of structures, bonding inside structures and earthing*

CEI 61312-4, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 4: Protection des équipements dans les structures existantes*

CEI 61643-1, *Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension – Partie 1: Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essai*

UIT-T série K, *Protection contre les perturbations*

UIT-T K.20, *Immunité des équipements de commutation de télécommunications aux surtensions*

UIT-T K.21, *Immunité des terminaux d'abonné aux surtensions et aux surintensités*

3 Définitions, abréviations et symboles

Pour les besoins de la présente spécification technique, les termes et définitions suivants s'appliquent, ainsi que ceux déjà définis dans la CEI 61312-1, la CEI 61024-1 et la CEI 61643-1.

3.1

parafoudre

dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à évacuer les courants de foudre. Il inclut au moins un composant non linéaire

[CEI 61643-1, définition 3.1]

3.1.1

parafoudre de type coupure en tension

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, qui peut chuter rapidement en réponse à un choc. Des composants habituels utilisés comme dispositifs à coupure en tension sont par exemple les éclateurs, les tubes à gaz, les thyristors silicium (redresseurs silicium) et les triacs. Ces parafoudres peuvent être parfois dits «de type crowbar»

[CEI 61643-1, définition 3.4]

3.1.2

parafoudre de type limitation de tension

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui diminue de manière continue avec un courant et une tension de choc croissants. Des exemples habituels de composants utilisés comme dispositifs non linéaires sont les varistances et les diodes écrêteuses. Ces parafoudres peuvent être parfois dits «de type clamping»

[CEI 61643-1, définition 3.5]

3.1.3

parafoudre de type combiné

parafoudre comprenant des composants de type coupure en tension et de type limitation de tension et pouvant couper en tension, limiter en tension ou effectuer les deux à la fois, et dont le comportement dépend des caractéristiques de la tension appliquée

[CEI 61643-1, définition 3.6]

3.2

essai de classe I

procédure d'essai relative à un parafoudre installé à l'interface des ZPF $0_A/1$, tel que défini dans la CEI 61643-1. D'autres parafoudres sont installés en aval.

Les parafoudres testés selon cette classe sont soumis à l'essai de fonctionnement avec un courant de choc I_{imp}

IEC 61312-4, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 4: Protection of equipment in existing structures*

IEC 61643-1, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods*

ITU-T Series K, *Protection against interference*

ITU-T K.20, *Resistibility of telecommunication switching equipment to overvoltages and overcurrents*

ITU-T K.21, *Resistibility of subscriber's terminal to overvoltages and overcurrents*

3 Definitions, abbreviations and symbols

For the purposes of this technical specification, the following terms and definitions apply, in addition to those defined in IEC 61312-1, IEC 61024-1 and IEC 61643-1.

3.1

surge protective device (SPD)

device that is intended to limit transient overvoltages and divert surge currents. It contains at least one non-linear component

[IEC 61643-1, definition 3.1]

3.1.1

voltage switching type SPD

SPD that has a high impedance when no surge is present but can have a sudden change in impedance to a low value in response to a voltage surge. Common examples of components used as voltage switching devices are: spark gaps, gas tubes, thyristors (silicon-controlled rectifiers) and triacs. These SPDs are sometimes called "crowbar type"

[IEC 61643-1, definition 3.4]

3.1.2

voltage limiting type SPD

SPD that has a high impedance when no surge is present, but will reduce it continuously with increased surge current and voltage. Common examples of components used as non-linear devices are varistors and suppressor diodes. These SPDs are sometimes called "clamping type"

[IEC 61643-1, definition 3.5]

3.1.3

combination type SPD

SPD that incorporates both voltage switching type components and voltage limiting type components may exhibit voltage switching, voltage limiting or both voltage switching and voltage limiting behaviour depending upon "their combined parameters" and the characteristics of the applied voltage

[IEC 61643-1, definition 3.6]

3.2

class I test

test procedure for lightning current arrester, which is installed at the interface of LPZ 0A/1, as defined in IEC 61643-1. Other SPDs are installed sequentially.

SPDs tested according to this class are submitted to the operating duty test with the impulse current I_{imp}

3.3

essai de classe II

procédure d'essai pour les parafoudres définis dans la CEI 61643-1.

Les parafoudres testés conformément à cette classe sont soumis à l'essai de fonctionnement avec un courant de choc $I_{\max}$

3.4

essai de classe III

procédure d'essai pour les parafoudres définis dans la CEI 61643-1.

Les parafoudres testés conformément à cette classe sont soumis à l'essai de fonctionnement avec l'onde combinée

3.5

tension maximale de service permanent U_c

valeur maximale de la tension efficace ou continue qui peut être appliquée de façon continue pour le mode de protection du parafoudre. Elle est égale à la tension assignée

[CEI 61643-1, définition 3.11]

3.6

tension résiduelle U_{res}

valeur crête de la tension qui apparaît entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge

[CEI 61643-1, définition 3.17]

3.7

courant de choc I_{imp}

courant défini par un courant crête, $I_{crête}$, et la charge Q_S , et essayé conformément à la séquence d'essai de fonctionnement. Il est utilisé pour la classification des parafoudres pour l'essai de classe I

[CEI 61643-1, définition 3.9]

3.8

courant maximal de décharge $I_{\max}$

valeur crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre et d'amplitude conforme à la séquence d'essai de fonctionnement pour la classe II. $I_{\max}$ est supérieur à I_n

[CEI 61643-1, définition 3.10]

3.9

immunité contre les dommages

tenue aux effets conduits et rayonnés de la foudre

[CEI 61312-2, définition 1.3.3]

3.10 Abréviations

EUT	Equipement en essai
ZPF	Zone de protection contre la foudre
MOV	Parafoudre à oxyde métallique
EB	Liaison équipotentielle foudre

3.3**class II test**

Test procedure for overvoltage arrester as defined in IEC 61643-1.

SPDs tested according to this class are submitted to the operating duty test with the impulse current $I_{\max}$

3.4**class III test**

Test procedure for overvoltage arrester as defined in IEC 61643-1.

SPDs tested according to this class are submitted to the operating duty test with a combination wave

3.5**maximum continuous operating voltage U_c**

maximum r.m.s. or d.c. voltage which may be continuously applied to SPDs mode of protection. This is equal to the rated voltage

[IEC 61643-1, definition 3.11]

3.6**residual voltage U_{res}**

peak value of voltage that appears between the terminals of an SPD due to the passage of discharge current

[IEC 61643-1, definition 3.17]

3.7**impulse current I_{imp}**

current defined by a current peak value I_{peak} and the charge Q_S and tested according to the test sequence of the operating duty test. This is used for the classification of the SPD for class I test

[IEC 61643-1, definition 3.9]

3.8**maximum discharge current $I_{\max}$**

crest value of a current through the SPD having an 8/20 waveshape and magnitude according to the test sequence of the class II operating duty test. $I_{\max}$ is greater than I_n

[IEC 61643-1, definition 3.10]

3.9**immunity against damage**

withstand capability against conducted and radiated lightning effects

[IEC 61312-2, definition 1.3.3]

3.10 Abbreviations

EUT	Equipment under test
LPZ	Lightning protection zone
MOV	Metal oxide varistor
EB	Lightning protection equipotential bonding

3.11 Symboles

$C_{(T1-3)}$	Capacité de l'enroulement du transformateur BT
di/dt	Vitesse de montée de courant
I_{ES}	Courant de foudre partiel s'écoulant dans la prise de terre du bâtiment frappé par la foudre
I_{ET}	Courant de foudre partiel s'écoulant dans la prise de terre du transformateur BT
I_{foudre}	Courant total de foudre (méthode de calcul simplifiée)
I_{BT}	Courant de foudre partiel s'écoulant dans le réseau BT
$I_{distrib}$	Courant de foudre partiel s'écoulant dans le réseau de distribution du bâtiment frappé par la foudre
I_{neutre}	Partie du courant de foudre s'écoulant dans le conducteur neutre
$I_{crête}$	Courant crête (au premier impact)
I_{SC}	Courant de court-circuit d'un parafoudre (méthode de coordination LTE)
I_{ph1-3}	Courant de foudre partiel dans les conducteurs de phase
l_{CC}	Longueur du câble de connexion
$L_{(1-3)}$	Inductance entre deux parafoudres
L_{CC}	Inductance du câble de télécommunication écrané
L_{CT}	Inductance du câble d'alimentation de puissance
L_{DE}	Inductance de l'élément de découplage
L_{EC}	Inductance de la prise de terre de la sous-station de télécommunication
L_{ES}	Inductance de la prise de terre du bâtiment frappé par la foudre
L_{ET}	Inductance de la prise de terre du transformateur BT
$L_{distrib}$	Inductance de l'ensemble du réseau BT
$L_{(T1-3)}$	Inductance de l'enroulement du transformateur BT
L_{WP}	Inductance de la canalisation d'eau
Q_S	Charge (de l'impact de courte durée)
R_{CC}	Résistance du câble de télécommunication écrané
R_{CT}	Résistance du câble d'alimentation de puissance
R_{DE}	Résistance de l'élément de découplage
$R_{terre/G}$	Résistance du réseau de terre du bâtiment frappé par la foudre (méthode simplifiée)
$R_{terre/1-n}$	Résistance du réseau de terre des bâtiments en parallèle (méthode simplifiée)
R_{EC}	Résistance de la prise de terre de la sous-station de télécommunication

3.11 Symbols

$C_{(T1-3)}$	Winding capacitance of the LV transformer
di/dt	Current rate of rise
I_{ES}	Part of the lightning current through the earthing system of the building struck
I_{ET}	Part of the lightning current through the earthing system of the LV transformer
$I_{lightning}$	Total lightning current (simplified calculation method)
I_{LV}	Part of the lightning current through the LV system
I_{mains}	Part of the lightning current through the power distribution system of the building struck
$I_{neutral}$	Part of the lightning current through the neutral conductor line
I_{peak}	Peak current (of the first stroke)
I_{SC}	Short-circuit current of an SPD (LTE coordination method)
$I_{phase1-3}$	Part of the lightning current through the phase conductor lines
l_{CC}	Length of the connecting cable
$L_{(1-3)}$	Line inductance between two SPDs
L_{CC}	Inductance of the shielded telecommunication cable
L_{CT}	Inductance of the power supply cable
L_{DE}	Inductance of the decoupling element
L_{EC}	Inductance of the earthing system of the substation for telecommunication
L_{ES}	Inductance of the earthing system of the building struck
L_{ET}	Inductance of the earthing system of the LV transformer
L_{mains}	Inductance of the complete (LV) mains network
$L_{(T1-3)}$	Winding inductance of the LV transformer
L_{WP}	Inductance of the waterpipe
Q_S	Charge (of the short-duration stroke)
R_{CC}	Resistance of the shielded telecommunication cable
R_{CT}	Resistance of the power supply cable
R_{DE}	Resistance of the decoupling element
$R_{earth/G}$	Resistance of the earthing system of the building struck (simplified calculation method)
$R_{earth/1-n}$	Resistance of the earthing system of the parallel buildings (simplified calculation method)
R_{EC}	Resistance of the earthing system of the substation for telecommunication

R_{ES}	Résistance de la prise de terre du bâtiment frappé
R_{ET}	Résistance de la prise de terre du transformateur BT
$R_{distrib}$	Résistance de l'ensemble du réseau BT
R_{NL}	Résistance du neutre du transformateur BT
R_{TL}	Résistance de terre de la ligne téléphonique
$R_{(T1-3)}$	Résistance de l'enroulement du transformateur BT
R_{WP}	Résistance de terre de la canalisation d'eau
$R_{(1-3)}$	Résistance de phase entre parafoudres
S_n	Puissance apparente du transformateur BT
T_1	Temps de montée (premier impact)
T_2	Temps jusqu'à mi-valeur (premier impact)
U_{ARC}	Tension d'arc de l'éclateur
U_{DE}	Chute de tension dans l'élément de découplage
U_{OC}	Tension en circuit ouvert du parafoudre (méthode LTE)
U_{charge}	Chute de tension dans la charge
U_N	Tension nominale du réseau
U_{max}	Tension maximale de contrainte
$U_{ref(1mA)}$	Tension de VOM pour un courant de 1 mA
U_{SG}	Chute de tension dans l'éclateur
$W_{max(t=2ms)}$	Absorption maximale d'énergie de la varistance (en 2 ms)
W/R	Energie spécifique (premier impact)
Z_i	Impédance « fictive » d'un générateur à onde combinée
$Z_{distrib}$	Impédance de l'ensemble du réseau BT

4 Menaces importantes – Paramètres du courant de foudre

La menace essentielle créée par la foudre est due à trois composantes de courant:

- premier coup de foudre;
- coup de foudre subséquent;
- coup de foudre de longue durée.

(voir la CEI 61312-1, figure 2)

Les paramètres du courant de foudre pour les différents niveaux de protection sont donnés dans les tableaux 1 à 3 de la CEI 61312-1 (voir note 1).

R_{ES}	Resistance of the earthing system of the building struck
R_{ET}	Resistance of the earthing system of the LV-transformer
R_{mains}	Resistance of the complete LV mains network
R_{NL}	Resistance of the neutral line of the LV transformer
R_{TL}	Resistance of the earthing of the telephone line
$R_{(T1-3)}$	Winding resistance of the LV transformer
R_{WP}	Resistance of the earthing of the waterpipe
$R_{(1-3)}$	Line resistance between two SPDs
S_n	Apparent power of the LV transformer
T_1	Front time (of the first stroke)
T_2	Time to half-value (of the first stroke)
U_{ARC}	Arc voltage of the spark gap
U_{DE}	Voltage drop across the decoupling element
U_{OC}	Open-circuit voltage of an SPD (LTE coordination method)
U_{LOAD}	Voltage drop across the load
U_N	Nominal voltage of the system
U_{max}	Maximum voltage stressing
$U_{ref(1mA)}$	MOV voltage at a current of 1 mA
U_{SG}	Voltage drop across the spark gap
$W_{max(t=2ms)}$	Maximum energy absorption MOV (within 2 ms)
W/R	Specific energy (of the first stroke)
Z_i	"Fictive" impedance of a combination wave generator
Z_{mains}	Impedance of the complete (LV) mains network

4 Relevant threats – Lightning current parameters

The primary lightning threat is given by three current components:

- first stroke
- subsequent stroke
- long-duration stroke

(see IEC 61312-1, figure 2).

The lightning current parameters for the different protection levels are listed in tables 1 to 3 of IEC 61312-1 (see note 1).

Ces trois composantes sont réelles en tant que courants appliqués. Pour la coordination de parafoudres en cascade, le premier coup de foudre est le facteur décisif car le coup de foudre subséquent a une énergie spécifique W/R , Q_S , $I_{\text{crête}}$ relativement faible et un temps de montée plus court (voir note 2). Un coup de foudre de longue durée n'est qu'un facteur de contrainte supplémentaire pour le parafoudre (de type I); il convient donc de le négliger dans l'aspect de la coordination.

Pour des raisons de coordination, les valeurs caractéristiques nécessaires (par exemple forme d'onde, énergie) sont à dériver de ces paramètres.

- A partir des paramètres de menace appropriés primaires du premier impact, l'onde 10/350 μs est celle définie pour la simulation d'un coup de foudre direct. C'est le courant de choc approprié pour la preuve de coordination des parafoudres.
- En tenant compte de l'interaction entre le courant de foudre direct et l'installation électrique basse tension, la forme d'onde des courants de foudre partiels peut être différente. Dans ce cas, un courant d'essai avec un gradient de montée minimal de 0,1 kA/ μs est aussi pris en compte.

NOTE 1 Les paramètres définissent la menace du courant de foudre. Chaque parafoudre ne subira la contrainte que d'une partie du courant de foudre total.

NOTE 2 La fonction analytique du courant de foudre et les paramètres pour les équations sont donnés dans l'annexe B de la CEI 61312-1 pour des raisons d'analyse.

NOTE 3 Si le parafoudre est spécifié pour le premier coup, les coups subséquents n'entraînent pas de problèmes additionnels pour ce parafoudre. Si des inductances sont utilisées pour le découplage, le temps de montée le plus court de courant rend la coordination plus aisée.

NOTE 4 Si des résistances sont utilisées pour le découplage (par exemple parafoudres de télécommunication), il faut prendre en compte le courant crête admissible.

5 Disposition des parafoudres en fonction du concept de zone de protection contre la foudre

5.1 Zones de protection contre la foudre

Le volume à protéger doit être divisé en zones de protection contre la foudre pour définir les volumes des diverses sévérités IEMF. Les services métalliques qui pénètrent dans les limites des zones doivent être reliés à l'équipotentialité à chaque pénétration. Dans la présente spécification technique, il est supposé que le réseau équipotentiel présente une impédance négligeable et que le cheminement des câbles est conforme à 3.5 de la CEI 61312-2. Si cette hypothèse n'est pas satisfaite, se référer à la CEI 61312-3.

5.2 Définitions des zones

Les zones de protection contre la foudre sont définies conformément à 3.1 et aux figures 3 à 5 de la CEI 61312-1. Le principe général pour la division d'un volume à protéger en diverses zones de protection est indiqué aux figures 1a, 1b et 2.

5.3 Disposition des parafoudres aux frontières entre zones

La figure 2 montre un exemple de mise en oeuvre de parafoudres s'inscrivant dans le concept de zones de protection contre la foudre. Les parafoudres sont installés en cascade (voir note 1). Ils sont choisis selon les prescriptions relatives au point de pénétration.

Il est recommandé que les réseaux de puissance et de communication pénètrent dans le volume à protéger à proximité l'un de l'autre et qu'ils soient connectés à une borne commune. Cela est particulièrement important pour un bâtiment (ou volume protégé) réalisé en matériaux ne formant pas d'écran (bois, briques, etc.).

All three components are effective as impressed currents. Concerning the coordination of subsequently installed SPDs, the first stroke is the decisive factor, because the subsequent stroke has a relatively low W/R , Q_S , I_{peak} and shorter current front time (see note 2). The long-duration stroke is only an additional stressing factor for the lightning current arrester SPD (class I test) and should, therefore, be left out of consideration concerning coordination problems.

For coordination purposes, the necessary characteristic values (for example, waveshape, energy) are to be derived from these parameters.

- Starting from the primary relevant threat parameters of the first stroke, the 10/350 μs waveshape is the defined surge current to simulate a direct lightning strike. This is the appropriate impulse current proofing the energy coordination of SPDs.
- Considering the interaction between direct lightning current and the low-voltage installation, the waveshape of the partial lightning currents within the system may be different. In such cases, a test current with a minimum current steepness of 0,1 kA/ μs is also to be taken into account.

NOTE 1 The parameters describe the lightning current threat. Each SPD will only be stressed with a portion of the total lightning current.

NOTE 2 The analytical function of the lightning current and the parameters for the equations are given in IEC 61312-1 (annex B) for the purposes of analysis.

NOTE 3 If the SPDs are specified for the first stroke threat, the subsequent stroke causes no additional problems for the SPDs. If inductances are used as decoupling elements, the shorter current rise time makes co-ordination easier.

NOTE 4 In case resistive components are used as decoupling elements (for example, usually in SPDs for information systems), the permissible peak current must be considered.

5 Arrangement of SPDs within the Lightning Protection Zones concept

5.1 Lightning protection zones

The volume to be protected shall be divided into lightning protection zones to define volumes of different LEMP severities. Metal services penetrating zone boundaries shall be bonded at each penetration point. In this technical specification, it is assumed that the bonding network represents a negligibly low impedance and the cable routing is carried out in accordance with 3.5 of IEC 61312-2. If this precondition is not fulfilled then refer for further information to IEC 61312-3.

5.2 Zone definitions

Lightning protection zones are defined according to IEC 61312-1 (see 3.1 and figures 3 to 5). The general principle for the division of a volume to be protected into different lightning protection zones is shown in figures 1a, 1b and 2.

5.3 Arrangement of SPDs at the zone interfaces

Figure 2 shows an example for the application of SPDs for power distribution systems within the Lightning Protection Zones concept. SPDs are installed in sequence (see note 1). They are chosen according to the requirements of the penetration point.

It is recommended that the power and information networks enter the volume to be protected close to each other and be bonded together at a common bar. This is especially important for a building (or the protected volume) made of non-shielding material (wood, bricks, etc.).

Les parafoudres choisis et leur intégration dans l'installation électrique du volume à protéger doivent assurer l'écoulement à la terre d'une partie du courant de foudre à la frontière ZPF 0_A/1.

Lorsque l'énergie initiale de la partie du courant de foudre a été, en grande partie, dissipée, les parafoudres subséquents ne sont conçus que pour traiter la menace restante à la frontière ZPF 0_A/1 ainsi que les effets induits du champ électromagnétique dans ZPF 1 (voir note 2).

C'est pourquoi les conducteurs de liaison des parafoudres individuels doivent présenter une faible impédance (voir note 3).

NOTE 1 La figure 2 montre une structure non protégée dans laquelle les champs électromagnétiques ne sont réduits que par le partage du courant dans le SPF extérieur et par l'effet de distance.

NOTE 2 Si un parafoudre à coupure en tension est installé, il faut qu'il résiste aux contraintes du parafoudre aval avant que le parafoudre amont n'atteigne son seuil de fonctionnement (point aveugle).

NOTE 3 Afin de réaliser une protection optimale contre les surtensions, il faut que tous les conducteurs de connexion, liaisons, câbles des parafoudres soient aussi courts que possible. Les conducteurs de liaison sont ceux entre les conducteurs actifs et le parafoudre et entre le parafoudre et la borne principale de terre ou le conducteur de terre de protection.

6 Prescriptions de fonctionnement des parafoudres

Les prescriptions de fonctionnement des parafoudres doivent être fonction du concept des zones de protection contre la foudre.

Lors du choix des parafoudres, toutes les prescriptions appropriées doivent être considérées, par exemple

- le niveau de protection (y compris les tolérances);
- les prescriptions relatives aux courants et aux énergies;
- les surtensions temporaires.

Les prescriptions résultent des demandes individuelles établies pour chaque zone de protection.

6.1 Transition de ZPF 0_A à ZPF 1

Les services provenant de ZPF 0_A écoulent des courants de foudre partiels.

Il convient que le parafoudre (essai de classe I) écoule ces courants de manière substantielle au niveau de son interface.

Les paramètres du courant de foudre partiel, devant être pris en compte par le parafoudre I, seront choisis, entre autres, parmi les facteurs suivants.

The SPDs chosen and their integration into the whole electrical system of the volume to be protected shall ensure that the partial lightning current will mainly be discharged into the earth termination system at the LPZ 0_A/1.

Once the initial energy of the partial lightning current has been mainly dissipated, the subsequent SPDs only need to be designed to cope with the remaining threat at the interface of LPZ 0_A/1 plus the induced effects by the electromagnetic field within LPZ 1 (see note 2).

Therefore, low impedances of bonding conductors of the individual SPDs are necessary (see note 3).

NOTE 1 Figure 2 shows an unshielded structure, where electromagnetic fields are only reduced due to current sharing in the external LPS and due to the effect of distance.

NOTE 2 If voltage switching type SPDs are installed, it must also be considered for the stress of the subsequent SPD that the previous SPD does not reach its operating threshold ("blind spot").

NOTE 3 In order to achieve an optimum overvoltage protection, all connecting conductors, leads, cables of SPDs must be as short as possible. Connecting conductors are the conductors from the line conductor to the SPD and from the SPD to the main earthing terminal or to the protective earth conductor.

6 SPD performance requirements

The performance requirements of the individual SPDs shall be derived from the Lightning Protection Zones concept.

When selecting SPDs all relevant requirements shall be considered, for example,

- protection level (including tolerances);
- current and energy requirements;
- temporary overvoltages.

The requirements result from the demands of the individual established lightning protection zones.

6.1 Transition from LPZ 0_A to LPZ 1

The lines penetrating from lightning protection zone 0_A are carrying partial lightning currents.

The SPD (class I test) should substantially divert these currents at this interface.

The parameters of the partial lightning current, which have to be taken as stress for SPD I, will be determined by the following factors.

- Niveau de protection prescrit conformément au tableau 1 et à la CEI 61312-1;

Tableau 1 – Paramètres du courant de foudre du premier impact

Paramètres du courant		Niveau de protection		
		I	II	III-IV
Courant de crête I	kA	200	150	100
Temps de montée T_1	μs	10	10	10
Temps jusqu'à mi-valeur T_2	μs	350	350	350
Charge de l'impact de courte durée $Q_S^{1)}$	C	100	75	50
Energie spécifique $W/R^{2)}$	MJ/ Ω	10	5,6	2,5
1) Puisqu'une grande partie de la charge totale Q est contenue dans le premier impact, la charge de tous les impacts courts est considérée comme incluse dans les valeurs données. 2) Puisqu'une grande partie de l'énergie spécifique W/R est contenue dans le premier impact, l'énergie spécifique de tous les impacts courts est considérée comme incluse dans les valeurs données.				

- L'impédance de terre et les impédances de tous les services métalliques du volume à protéger (par exemple canalisations d'eau, de gaz, câbles de puissance et de communication).
- Schémas des liaisons à la terre (TN, TT, IT...) et configuration du réseau.

En se fondant sur ces paramètres, il convient qu'un calcul du courant partiel de foudre soit effectué (voir l'annexe B pour les compléments).

En tenant compte des règles de coordination de l'isolation dans les installation de puissance de la CEI 60664-1 et de l'immunité contre les dommages de l'équipement à protéger, il est nécessaire que le niveau de protection du parafoudre soit inférieur à une valeur maximale et que le niveau de la menace soit inférieur à cette immunité. Si l'immunité contre les dommages de l'équipement n'est pas connue, des niveaux d'immunité prescrits ou testés conformément à la CEI 61000-4-5 doivent être utilisés.

NOTE En raison de l'existence d'incertitudes dans des applications pratiques, il sera nécessaire de conserver une marge de sécurité suffisante pour le niveau d'immunité.

6.2 Transition de ZPF 0_B à ZPF 1

Dans ZPF 0_B, les champs électromagnétiques dus aux courants de foudre sont prédominants. Un coup de foudre direct est exclu.

Dans ce cas, les effets induits peuvent être simulés soit par un courant de choc de forme d'onde 8/20 μs (classe II), soit par une onde combinée appropriée conforme à la CEI 61643-1 (classe III).

En tenant compte des règles de coordination de l'isolation dans les installations, de puissance de la CEI 60664-1 et de l'immunité contre les dommages de l'équipement à protéger, il est nécessaire que le niveau de protection du parafoudre soit inférieur à une valeur maximale et que le niveau de la menace soit inférieur à cette immunité. Si l'immunité contre les dommages de l'équipement n'est pas connue, il convient que des niveaux d'immunité prescrits ou testés conformément à la CEI 61000-4-5 soient utilisés.

NOTE En raison de l'existence d'incertitudes dans des applications pratiques, il pourrait être nécessaire de conserver une marge de sécurité suffisante pour le niveau d'immunité.

- Required "protection level" according to table 1 and IEC 61312-1.

Table 1 – Lightning current parameters of the first stroke

Current parameters		Protection level		
		I	II	III-IV
Peak current I	kA	200	150	100
Front time T_1	μs	10	10	10
Time to half-value T_2	μs	350	350	350
Charge of the short-duration stroke $Q_S^{1)}$	C	100	75	50
Specific energy $W/R^{2)}$	MJ/ Ω	10	5,6	2,5
¹⁾ Since the substantial part of the total charge Q is contained in the first stroke, the charge of all short-duration strokes is considered to be incorporated in the given values. ²⁾ Since the substantial part of specific energy W/R is contained in the first stroke, the specific energy of all short-duration strokes is considered to be incorporated in the given values.				

- The earthing impedance as well as the impedances of all metal services (for example water and gas pipes, telecommunication and power cables) to the volume to be protected.
- The type of the a.c. supply mains (TN, TT, IT...) and the network configuration.

On the basis of these parameters, a calculation of the relevant partial lightning current should be made (for more information see annex B).

According to the requirements of the insulation coordination in power installations (see IEC 60664-1) and the immunity against damage of the equipment to be protected, it is necessary to keep the voltage protection level of the SPD below a maximum value and the threat always below the immunity against damage of the equipment to be protected. If the immunity against damage is not known, immunity levels required or tested according to IEC 61000-4-5 should be used.

NOTE Due to the existence of uncertainties in practical applications, it could be necessary to keep a sufficient safety margin to the immunity level.

6.2 Transition from LPZ 0_B and LPZ 1

In LPZ 0_B electromagnetic fields caused by lightning currents are dominant. A direct strike is excluded.

In this case, the induced effects should be simulated by means of either a surge current with a waveshape 8/20 μs (class II test) or an adequate combination wave test according to IEC 61643-1 (class III test).

According to the requirements of the insulation coordination in power installations (see IEC 60664-1) and the immunity against damage of the equipment to be protected, it is necessary to keep the voltage protection level of the SPD below a maximum value and the threat always below the immunity against damage of the equipment to be protected. If the immunity against damage is not known, then the immunity level required or tested according to IEC 61000-4-5 should be used.

NOTE Due to the existence of uncertainties in practical applications, it could be necessary to keep a sufficient safety margin to the immunity level.

6.3 Transition de ZPF 1 à ZPF 2

La menace restante de la transition de ZPF 0 à ZPF 1 et les effets induits du champ électromagnétique dans ZPF 1 donnent les prescriptions à satisfaire par le parafoudre de transition entre ZPF 1 et ZPF 2. Si aucune analyse détaillée de la menace ne peut être effectuée, il convient que la menace essentielle soit simulée soit par un courant de choc de forme d'onde 8/20 μs (classe II), soit par une onde combinée conformément à la CEI 61643-1 (classe III). Si le parafoudre I est du type à coupure, une forme d'onde 10/350 μs est aussi à considérer jusqu'à amorçage de l'éclateur (point aveugle).

En tenant compte des règles de coordination de l'isolation dans les installations de puissance de la CEI 60664-1 et de l'immunité de l'équipement à protéger contre les dommages, il est nécessaire que le niveau de protection du parafoudre soit inférieur à une valeur maximale et que le niveau de la menace soit toujours inférieur à cette immunité. Si l'immunité contre les dommages de l'équipement n'est pas connue, il est recommandé d'utiliser des niveaux d'immunité prescrits ou testés conformément à la CEI 61000-4-5.

Des valeurs plus faibles pourraient être nécessaires pour protéger des équipements sensibles de traitement de l'information (voir la CEI 61000-4-5 et la série de recommandations K de l'UIT-T).

NOTE En raison de l'existence d'incertitudes dans des applications pratiques, il pourrait être nécessaire de conserver une marge de sécurité suffisante pour le niveau d'immunité.

7 Coordination de l'énergie

7.1 Objectif général de la coordination

Le nombre des parafoudres en cascade dans l'installation à protéger est fonction des prescriptions du concept de protection de zone, de l'immunité contre les dommages, de l'équipement à protéger et des caractéristiques des parafoudres utilisés. Les niveaux de protection des parafoudres choisis doivent satisfaire aux prescriptions de la coordination de l'isolement en basse tension et aux niveaux d'immunité des matériels à protéger.

L'objectif de la coordination en énergie est d'éviter les contraintes des parafoudres dans l'installation. Les contraintes sur chaque parafoudre sont fonction de leur emplacement et de leurs caractéristiques; il faut donc les analyser.

Si plus d'un parafoudre est utilisé pour la protection des équipements et s'il a été vérifié que la protection des parafoudres et leur emplacement sont compatibles avec l'équipement à protéger, une étude de coordination entre ces parafoudres et l'équipement est nécessaire.

La coordination énergétique est réalisée si, pour chaque courant de choc compris entre 0 et I_{max1} ($I_{\text{crête1}}$), la partie d'énergie dissipée dans le parafoudre 2 est inférieure ou égale à la tenue maximale du parafoudre 2 (cela est aussi valable pour les éléments de découplage).

Cette tenue maximale est définie comme l'énergie maximale que peut supporter le parafoudre sans dégradation. Elle peut être obtenue

- à partir des résultats d'essais conformément à l'article 7 de la CEI 61643-1;
- en tenant compte des informations techniques du constructeur.

Il convient que le critère de coordination énergétique de parafoudres soit illustré par un schéma monophasé de base tel que celui illustré à la figure 3. Ce modèle n'est applicable que si l'impédance de la liaison équipotentielle principale (LEP) et l'inductance mutuelle entre cette liaison et l'installation réalisée par la connexion des parafoudres 1 et 2 sont négligeables. Les mesures pour réaliser un tel couplage sont indiquées dans la CEI 61312-4. Pour des impédances plus élevées, il convient de se référer à la CEI 61312-3.

6.3 Transition from LPZ 1 to LPZ 2

The remaining threat of zone transition of LPZ 0 to LPZ 1 and the induced effects by the electromagnetic field within zone 1 define the requirements for the SPDs at the interface from LPZ 1 to LPZ 2. If no detailed analysis of the threat is possible, the dominant stress should be simulated by means of either a surge current with a waveshape 8/20 μ s (class II test) or an adequate combination wave test according to IEC 61643-1 (class III test). If SPD 1 is a switching type device, the waveshape 10/350 μ s is also to be considered until it is triggered ("blind spot").

According to the requirements of the insulation coordination in power installations (see IEC 60664-1) and the immunity against damage of the equipment to be protected, it is necessary to keep the voltage protection level of the SPD below a maximum value and the threat always below the immunity against damage of the equipment to be protected. If the immunity against damage is not known, then the immunity levels required or tested according to IEC 61000-4-5 should be used.

Lower values are likely to be necessary to protect sensitive information systems (see IEC 61000-4-5 and the K series of UIT-T recommendations).

NOTE Due to the existence of uncertainties in practical applications, it could be necessary to keep a sufficient safety margin to the immunity level.

7 Energy coordination

7.1 General objective of coordination

The number of SPDs installed in a system to be protected depends on the requirements of the Lightning Protection Zones concept, the immunity against damage of the equipment to be protected and the characteristics of the SPDs used. The protection levels of the selected SPDs have to meet the requirements of the insulation coordination in low-voltage installations and the immunity levels of the equipment to be protected.

The objective of energy coordination is to avoid that SPDs within an installation are overstressed. The individual stresses of the SPDs depending on their location and characteristics must therefore be clarified.

As soon as more than one SPD is used to protect the equipment and when it has been checked that the protection of SPDs and their location is compatible with the equipment to be protected, a coordination study of these SPDs and the equipment is needed.

The energy coordination is achieved if, for each surge current between 0 and $I_{\max 1}$ ($I_{\text{peak}1}$), the portion of energy, dissipated through SPD2, is lower than or equal to the maximum energy withstand of SPD 2 (this is also valid for decoupling elements).

The maximum energy withstand is defined as the maximum energy that the SPD is able to withstand with no degradation. It should be obtained by

- electrical testing according to clause 7 of IEC 61643-1;
- taking into account the manufacturer's technical information.

The basic model of an energy SPD coordination should be illustrated by the one-phase circuit diagram shown in figure 3. This model is only valid when the impedance of the common bonding network (CBN) and the mutual inductance between the CBN and the installation formed by the connection of SPD 1 and 2 is negligible. Measures to achieve such low coupling are shown in IEC 61312-4. In cases of higher impedances, refer to IEC 61312-3.

7.2 Principes essentiels de coordination

7.2.1 Généralités

L'objectif de la technologie est de réaliser la coordination entre deux parafoudres en suivant l'un des principes fondamentaux suivants:

- a) Coordination (sans élément complémentaire de découplage autre que les liaisons) se fondant sur les caractéristiques courant/tension.

Ce principe est applicable aux parafoudres de type limitation en tension (par exemple VOM ou diodes). Cette méthode n'est pas très sensible à la forme d'onde du courant.

- b) Coordination par utilisation d'éléments de découplage

Pour des raisons de coordination, il est possible d'utiliser des inductances ou des résistances présentant une tenue aux chocs suffisante comme éléments de découplage.

Les inductances sont principalement utilisées dans des applications de puissance. Les résistances sont principalement utilisées dans des applications de communication.

Pour cette méthode de coordination, la forme d'onde, plus particulièrement la raideur du courant dI/dt , est le paramètre décisif.

NOTE 1 Les éléments de découplage peuvent être soit des dispositifs séparés, soit la résistance et l'inductance naturelles des câbles entre les interfaces de zones et les dispositifs.

NOTE 2 L'inductance des câbles est celle de deux conducteurs en parallèle:

- si les deux conducteurs (phase et terre) sont dans le même câble, l'inductance est d'environ de 0,5 $\mu\text{H}/\text{m}$ à 1 $\mu\text{H}/\text{m}$ (en fonction de la section des conducteurs);
- si les deux conducteurs sont séparés, il convient de prévoir des inductances supérieures (en fonction de la distance entre conducteurs).

NOTE 3 Il est recommandé que les parafoudres utilisés pour la protection des services pénétrant dans le bâtiment (interface) entre ZPF 0/1 satisfassent aux prescriptions des opérateurs des réseaux.

7.2.2 Coordination de parafoudres de type limitation en tension

La figure 4a montre le schéma d'association des parafoudres. La figure 4b illustre la dissipation d'énergie dans une association de deux parafoudres à limitation de tension. L'énergie totale dans le système augmente avec le courant de choc. Tant que l'énergie dissipée dans chacun des deux parafoudres ne dépasse pas la tenue maximale énergétique de la varistance, la coordination en énergie est satisfaite.

Il convient que la coordination énergétique de deux parafoudres sans éléments de découplage soit réalisée par leur courant permanent et leurs caractéristiques de tension dans le domaine de courant approprié. Cette méthode n'est pas très sensible à la forme d'onde du courant.

Si des inductances sont utilisées comme éléments de découplage, la forme d'onde du courant de choc doit être considérée (par exemple 10/350 μs , 8/20 μs).

Pour des formes d'onde avec un temps jusqu'à mi-valeur élevé (par exemple 10/350 μs), les inductances ne sont pas très efficaces pour le découplage de parafoudre de type limitation en tension. Si possible, il est utile de réaliser la coordination par des résistances de découplage (ou par la résistance naturelle des câbles).

Pour des informations complémentaires, voir la CEI 61643-1.

7.2 Fundamental coordination principles

7.2.1 General

The aim of the technology is to realise the coordination between two SPDs by choosing one of the following general principles.

- a) Coordination (without any additional decoupling element other than the wiring) based on the stationary current/voltage characteristic.

This principle is applicable to voltage limiting type SPDs (for example, MOVs or suppressor diodes). This method is not very sensitive to current waveshape.

- b) Coordination by using decoupling elements

For coordination purposes it is possible to use inductances or resistances as decoupling elements which have a sufficient surge withstand capability.

Inductances are primarily used for power system applications. Resistances are primarily used in information system applications.

For this coordination method the waveshape, especially the current steepness di/dt , is the decisive parameter.

NOTE 1 Decoupling elements can be realised either by separate devices, or by using the natural resistance and inductance of cables between zone interfaces and devices.

NOTE 2 The inductance of the cables is that of two parallel lines:

- if both lines (phase and ground wire) are within one cable, then the inductance is about 0,5 $\mu\text{H}/\text{m}$ to 1 $\mu\text{H}/\text{m}$ (depending on the cross-sectional area of the wires);
- if both lines are separate cables higher inductances should be assumed (depending on the separation distance of both cables).

NOTE 3 SPDs used for the protection of incoming services into a building (interface) between LPZ 0/1 should comply with network operators' requirements.

7.2.2 Coordination of voltage limiting type SPDs

Figure 4a shows the circuit diagram for this combination of SPDs. Figure 4b illustrates the energy dispersion within a system of two voltage limiting type SPDs. The total energy feed into the system increases with the growing impulse current. As long as the energy dissipated in each of the two SPDs does not exceed the MOV's maximum energy withstand, the energy coordination is given.

The energy coordination of two SPDs without decoupling elements should be realised by means of their stationary current/voltage characteristic for the relevant range of currents. This method is not very sensitive to current waveshape.

If inductances are used as decoupling elements, the waveshape of the surge current shall be considered (for example, 10/350 μs , 8/20 μs).

For waveshapes with a long time to half-value (for example, 10/350 μs), inductances are not very effective for decoupling voltage limiting type SPDs. If possible, it is useful to realise the coordination by application of resistive decoupling elements (or natural resistances of cables).

For detailed information see IEC 61643-1.

Pour la coordination de ces parafoudres, prendre en compte la tenue de chacun des parafoudres à la forme d'onde du courant de choc. La durée de l'onde ne sera pas raccourcie de façon notable par rapport au courant superposé. L'annexe A (figures A.1 à A.3) donne un exemple de coordination en énergie de parafoudres à limitation de tension (varistance).

7.2.3 Coordination entre un parafoudre à coupure de tension et un parafoudre à limitation en tension

La figure 5a montre un schéma de base de cette variante de coordination utilisant, comme exemples de technologies des éclateurs et des varistances. La figure 5b illustre le principe fondamental de coordination en énergie d'une association d'un parafoudre à coupure en tension et d'un parafoudre à limitation de tension.

L'amorçage de l'éclateur (Parafoudre 1) dépend de la tension résiduelle U_{res} dans la varistance (Parafoudre 2) et de la chute de tension dynamique dans l'élément de découplage (U_{DE}). Avant le fonctionnement, la distribution de tension entre les parafoudres est définie par l'équation (1):

$$U_{SG} = U_{res} + U_{DE} \quad (1)$$

Dès que U_{SG} (tension aux bornes de l'éclateur) dépasse la tension d'amorçage de l'éclateur, la coordination est réalisée. Cela ne dépend que

- des caractéristiques de la varistance;
- du gradient et de la valeur du choc;
- de la tenue de l'élément de découplage (par exemple inductance ou résistance) conformément à la CEI 61643-1.

Si une inductance est utilisée comme élément de découplage, le temps de montée et la valeur crête du courant de choc doivent être considérés (par exemple 10/350 μ s, 8/20 μ s). Plus dI/dt est élevé, plus l'inductance de découplage doit être faible. Particulièrement pour les parafoudres de classe I et II, un courant de foudre avec une raideur minimale de 0,1 kA/ μ s doit être pris en compte (se référer aussi à l'article 2). La coordination entre ces parafoudres doit être assurée à la fois pour le courant de foudre de forme d'onde 10/350 μ s et pour la raideur de courant de foudre de 0,1 kA/ μ s.

Deux situations de base doivent être considérées:

- Pas d'amorçage de l'éclateur:
Le courant de choc total s'écoule dans la varistance. Cette dernière doit être dimensionnée pour l'énergie du courant de choc. La figure A.5 montre les enregistrements du courant et de la tension pour cette association, dans le cas de non-amorçage du parafoudre amont.
- «Point aveugle»:
C'est le cas le plus critique pour la coordination en énergie de l'éclateur et de la varistance. La tension dans l'éclateur n'atteint toutefois pas la tension dynamique de fonctionnement de l'éclateur amont et la varistance est soumise à une énergie maximale. Dans ce cas, la raideur minimale du courant est très importante si des inductances sont utilisées comme éléments de découplage.
- Amorçage de l'éclateur:
L'amorçage modifie la forme d'onde appliquée à la varistance en aval. La durée de passage du courant dans la varistance est très réduite (voir figure A.6).