

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Protection against lightning –
Part 2: Risk management**

**Protection contre la foudre –
Partie 2: Évaluation des risques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Protection against lightning –
Part 2: Risk management**

**Protection contre la foudre –
Partie 2: Évaluation des risques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.020, 91.120.40

ISBN 978-2-8322-9549-6

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	13
4 Symbols and abbreviated terms.....	21
5 Damage and loss.....	25
5.1 Source of damage.....	25
5.2 Cause of damage.....	25
5.3 Type of loss	25
6 Risk and risk components.....	26
6.1 Risk	26
6.2 Risk components	27
6.2.1 Risk components for a structure due to source S1	27
6.2.2 Risk component for a structure due to source S2.....	28
6.2.3 Risk components for a structure due to source S3	28
6.2.4 Risk component for a structure due to source S4	28
6.2.5 Factors affecting risk components for a structure	28
6.3 Composition of risk components	29
6.3.1 Composition of risk components according to source of damage	29
6.3.2 Composition of risk components according to type of loss	30
7 Risk assessment	31
7.1 Basic procedure.....	31
7.2 Structure to be considered for risk assessment.....	31
7.3 Procedure to evaluate the need of protection for risk R	31
8 Assessment of risk components.....	33
8.1 Basic equation	33
8.2 Assessment of risk components due to different sources of damage	34
8.3 Partitioning of a structure in risk zones Z_S	36
8.4 Partitioning of a line into sections S_L	37
8.5 Assessment of risk components in a zone of a structure with risk zones Z_S	38
8.5.1 General criteria.....	38
8.5.2 Single-zoned structure.....	38
8.5.3 Multi-zoned structure	38
9 Frequency of damage and its components.....	39
9.1 Frequency of damage	39
9.2 Assessment of partial frequency of damage	39
9.3 Procedure to evaluate the need of protection for frequency of damage F	40
9.4 Assessment of partial frequency of damage in zones	42
9.4.1 General criteria.....	42
9.4.2 Single-zoned structure.....	42
9.4.3 Multi-zoned structure	42
Annex A (informative) Assessment of annual number N of dangerous events.....	43
A.1 General.....	43

A.2	Assessment of the average annual number of dangerous events N_D due to flashes to a structure and N_{DJ} to an adjacent structure.....	44
A.2.1	Determination of the collection area A_D	44
A.2.2	Structure as a part of a building.....	46
A.2.3	Relative location of the structure.....	48
A.2.4	Number of dangerous events N_D for the structure.....	48
A.2.5	Number of dangerous events N_{DJ} for an adjacent structure.....	49
A.3	Assessment of the average annual number of dangerous events N_M due to flashes near a structure.....	49
A.4	Assessment of the average annual number of dangerous events N_L due to flashes to a line.....	50
A.5	Assessment of average annual number of dangerous events N_I due to flashes near a line.....	51
A.6	Representation of the equivalent collection areas.....	52
Annex B (informative)	Assessment of probability P_X of damage.....	53
B.1	General.....	53
B.2	Probability P_{AT} that a flash to a structure will cause dangerous touch and step voltages.....	54
B.3	Probability P_{AD} that a flash will cause damage to an exposed person on the structure.....	55
B.4	Probability P_B that a flash to a structure will cause physical damage by fire or explosion.....	57
B.5	Probability P_C that a flash to a structure will cause failure of internal systems.....	59
B.6	Probability P_M that a flash near a structure will cause failure of internal systems.....	63
B.7	Probability P_U that a flash to a line will cause damage due to touch voltage.....	65
B.8	Probability P_V that a flash to a line will cause physical damage by fire or explosion.....	67
B.9	Probability P_W that a flash to a line will cause failure of internal systems.....	68
B.10	Probability P_Z that a lightning flash near an incoming line will cause failure of internal systems.....	69
B.11	Probability P_P that a person will be in a dangerous place.....	69
B.12	Probability P_E that an equipment will be exposed to a damaging event.....	70
Annex C (informative)	Assessment of loss L_X	71
C.1	General.....	71
C.2	Mean relative loss per dangerous event.....	71
Annex D (informative)	P_{SPD} evaluation.....	74
D.1	General.....	74
D.2	P_Q values.....	75
D.2.1	Probability values of both the negative and positive first strokes.....	75
D.2.2	Source of damage S1.....	75
D.2.3	Source of damage S3.....	76
D.2.4	Sources of damage S2 and S4.....	77
D.3	SPD protection level.....	77
D.3.1	General.....	77

D.3.2	Source of damage S1	77
D.3.3	Source of damage S3	81
D.3.4	Energy coordinated SPDs: One voltage switching SPD and one voltage limiting SPD downstream	85
D.4	Source of damage S4	88
D.4.1	One voltage limiting SPD	88
D.4.2	One voltage switching SPD	88
D.5	Source of damage S2	89
Annex E (informative) Detailed investigation of additional losses L_E related to surroundings		90
E.1	General	90
E.2	Calculation of risk components	90
Annex F (informative) Case studies		94
F.1	General	94
F.2	House	94
F.2.1	Relevant data and characteristics	94
F.2.2	Calculation of expected annual number of dangerous events	96
F.2.3	Risk management	97
F.2.4	Definition of risk zones in the house	97
F.2.5	Risk assessment	99
F.2.6	Risk – Selection of protection measures	99
F.2.7	Conclusions	100
F.3	Office building	100
F.3.1	Relevant data and characteristics	100
F.3.2	Calculation of expected annual number of dangerous events	101
F.3.3	Risk management	102
F.3.4	Definition of zones in the office building	103
F.3.5	Risk assessment	107
F.3.6	Frequency of damage assessment	108
F.3.7	Risk – Selection of protection measures	108
F.3.8	Frequency of damage – Selection of protection measures	109
F.3.9	Conclusions	110
F.4	Hospital	110
F.4.1	Relevant data and characteristics	110
F.4.2	Calculation of expected annual number of dangerous events	111
F.4.3	Risk management	112
F.4.4	Definition of zones in the hospital	112
F.4.5	Risk assessment	117
F.4.6	Frequency of damage assessment	118
F.4.7	Risk – Selection of protection measures	118
F.4.8	Frequency of damage – Selection of protection measures	120
F.4.9	Conclusions	120
Bibliography		121
Figure 1 – Procedure for deciding the need for protection and for the selection of protection measures to reduce $R \leq R_T$		33
Figure 2 – Example of zone partitioning		37
Figure 3 – Procedure for determining the need for protection and for the selection of protection measures		41

Figure A.1 – Collection area A_D of an isolated structure	44
Figure A.2 – Complex-shaped structure	45
Figure A.3 – Different methods to determine the collection area for a given structure	46
Figure A.4 – Structure to be considered for evaluation of collection area A_D	47
Figure A.5 – Equivalent collection areas A_D , A_{DJ} , A_M , A_L and A_I	52
Figure D.1 – Charge probability of both negative and positive first strokes	76
Figure D.2 – Probability P_{Up} as a function of the SPD residual voltage U_p' at 1 kA	78
Figure D.3 – Probability P_{Up} as a function of k_{1i}	79
Figure D.4 – Probability P_{Up} as a function of the SPD2 residual voltage U_p' at 1 kA	80
Figure D.5 – Probability P_{Up} as a function of the SPD2 residual voltage U_p' at 1 kA	81
Figure D.6 – Probability P_{Up} as a function of the residual voltage at 1 kA (U_p)	82
Figure D.7 – Probability P_{Up} as a function of different lengths of the internal circuit	83
Figure D.8 – Probability P_{Up} as a function of different lengths of the internal circuit	83
Figure D.9 – Probability P_{Up} as a function of the SPD2 residual voltage U_p' at 1 kA	85
Figure D.10 – Probability P_{Up} as a function of the internal loop area for $n' = 2$ and $w = 0,1$ m	86
Figure D.11 – Probability P_{Up} as a function of the internal loop area for $n' = 2$ and $w = 0,5$ m	87
Figure D.12 – Probability P_{Up} as a function of the internal loop area for $n' = 20$ and $w = 0,1$ m	87
Figure D.13 – Probability P_{Up} as a function of the SPD protection level U_p' at 1 kA for different internal loop areas	88
Figure D.14 – Probability P_{Up} as a function of different internal loop areas for two typical protection levels of GDTs	89
Table 1 – Sources of damage, causes of damage, types of loss and risk components according to the point of strike	27
Table 2 – Factors influencing the risk components	29
Table 3 – Risk components for different sources of damage and types of loss	35
Table 4 – Partial frequency of damage for each source of damage	40
Table A.1 – Structure location factors C_D and C_{DJ}	48
Table A.2 – Line installation factor C_I	50
Table A.3 – Line type factor C_T	51
Table A.4 – Environmental factor C_E	51
Table B.1 – Values of probability P_{am} that a flash to a structure will cause damage due to touch and step voltages according to different protection measures	55
Table B.2 – Reduction factor r_t as a function of the type of surface of soil or floor	55
Table B.3 – Values of probability P_{LPS} depending on the protection measures to protect the exposed areas of the structure against the direct flash and to reduce physical damage	56
Table B.4 – Values of probability P_S that a flash to a structure will cause dangerous sparking	57

Table B.5 – Reduction factor r_p as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire.....	58
Table B.6 – Reduction factor r_f as a function of risk of fire or explosion of structure.....	58
Table B.7 – Typical values of P_{SPD} for SPDs on the low-voltage system, used to protect against sources of damage S1, S2, S3, S4.....	60
Table B.8 – Typical values of P_{SPD} for SPDs on the telecommunications system used to protect against sources of damage S1, S2, S3, S4.....	61
Table B.9 – Values of factors C_{LD} and C_{LI} depending on shielding, grounding and isolation conditions	62
Table B.10 – Value of factor K_{S3} depending on internal wiring	65
Table B.11 – Values of the probability P_{LD} depending on the resistance R_S of the cable screen and the impulse withstand voltage U_W of the equipment	66
Table B.12 – Values of the probability P_{LD} depending on the resistance R_S of the cable screen and the higher impulse withstand voltage U_W of the equipment	67
Table B.13 – Typical values of probability P_{EB} relevant to protection level LPL for which the SPD is designed to protect against source of damage S3.....	67
Table C.1 – Loss values for each zone	72
Table C.2 – Typical mean values of L_T , L_D , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} and L_{O2}	73
Table D.1 – P_{Up} values of the voltage limiting SPD for combination between a voltage limiting and a voltage switching SPD.....	79
Table D.2 – P_{Up} values of the voltage limiting SPD	84
Table E.1 – Risk components for different sources of damage and types of loss, valid for damage to the surroundings	91
Table E.2 – Type of loss L1: Proposed typical values for the related time of presence for people $t_{ZE}/8\ 760$ in different environments as limited by Table E.3.....	92
Table E.3 – Type of loss L1: Typical mean values of L_{F1E} and L_{O1E} outside the structure	93
Table E.4 – Type of loss L2: Typical mean values of L_{F2E} and L_{O2E} outside the structure	93
Table F.1 – House: environment and structure characteristics	95
Table F.2 – House: power line	95
Table F.3 – House: telecom line.....	96
Table F.4 – House: equivalent collection areas of structure and lines	96
Table F.5 – House: expected annual number of dangerous events.....	97
Table F.6 – House: time of presence of persons and risk components into risk zones.....	98
Table F.7 – House: values for zone Z_2 (inside the building)	98
Table F.8 – House: risk for the unprotected structure (values $\times 10^{-5}$).....	99
Table F.9 – House: risk components for protected structure (values $\times 10^{-5}$).....	100
Table F.10 – Office building: environment and structure characteristics	100
Table F.11 – Office building: power line	101
Table F.12 – Office building: telecom line	101
Table F.13 – Office building: collection areas of structure and lines	102
Table F.14 – Office building: expected annual number of dangerous events	102

Table F.15 – Office building: time of presence of persons and risk components in zones.....	103
Table F.16 – Office building: factors valid for zone Z_1 (entrance area outside)	104
Table F.17 – Office building: factors valid for zone Z_2 (roof)	104
Table F.18 – Office building: factors valid for zone Z_3 (archive)	105
Table F.19 – Office building: factors valid for zone Z_4 (offices)	106
Table F.20 – Office building: factors valid for zone Z_5 (computer centre)	107
Table F.21 – Office building: risk for the unprotected structure (values $\times 10^{-5}$)	108
Table F.22 – Office building: frequency of damage for the unprotected structure	108
Table F.23 – Risk components for protected structure (values $\times 10^{-5}$)	109
Table F.24 – Office building: frequency of damage for protected structure	109
Table F.25 – Hospital: environment and structure characteristics	110
Table F.26 – Hospital: power line	111
Table F.27 – Hospital: collection areas of structure and power line	111
Table F.28 – Hospital: expected annual number of dangerous events	112
Table F.29 – Hospital: time of presence of persons and risk components in zones.....	113
Table F.30 – Hospital: factors valid for zone Z_1 (outside the building).....	113
Table F.31 – Hospital: factors valid for zone Z_2 (roof).....	114
Table F.32 – Hospital: factors valid for zone Z_3 (rooms)	115
Table F.33 – Hospital: factors valid for zone Z_4 (operating block)	116
Table F.34 – Hospital: factors valid for zone Z_5 (intensive care unit).....	117
Table F.35 – Hospital: risk for the unprotected structure (values $\times 10^{-5}$)	118
Table F.36 – Hospital: frequency of damage for the unprotected structure	118
Table F.37 – Hospital: risk for the protected structure (values $\times 10^{-5}$).....	119
Table F.38 – Hospital: frequency of damage for the protected structure	120

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –**Part 2: Risk management****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62305-2 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The concept of a single risk, to combine loss of human life and loss due to fire, has been introduced.
- b) The concept of frequency of damage that can impair the availability of the internal systems within the structure has been introduced.

- c) The lightning ground strike-point density N_{SG} has been introduced replacing the lightning flash density N_G in the evaluation of expected average annual number of dangerous events.
- d) Reduction of a few risk components can be achieved by the use of preventive temporary measures activated by means of a thunderstorm warning system (TWS) compliant with IEC 62793. The risk of direct strike to people in open areas has been introduced, considering the reduction of that risk using a TWS.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
81/769/FDIS	81/772/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 62305 series, published under the general title *Protection against lightning*, can be found on the IEC website.

The following differing practices of a less permanent nature exist in the countries indicated below.

In Germany, the value of $r_p = 1$ applies for all cases. For the risk components R_B , R_C , R_M , R_V , R_W and R_Z $P_{TWS} = 1$ is assumed. For LF1 and LF2 the highest values given in Table C.2 should be used.

In Greece, the value of $P_{TWS} = 1$ for all cases is assumed.

In Italy, calculating both the risk of loss of human life, RL1 in Equation (7), and the risk of loss due to physical damages, RL2 in Equation (8), and comparing each risk with the tolerable risk is required. Protection is achieved when both risks, RL1 and RL2, are less than the tolerable value.

In the Netherlands and South Africa, Annex D and Annex E should not be applied for usual studies.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

INTRODUCTION

Lightning flashes to earth can be hazardous to structures and to lines supplying the structure.

These hazards can result in:

- damage to the structure and to its contents,
- failure of associated electrical and electronic systems,
- injury to living beings in or close to the structure.

Consequential effects of the damage and failures can be extended to the surroundings of the structure or can involve its environment. Moreover, regardless of the extent of loss, the availability of the structure and its internal systems can be unacceptably impaired if the frequency of damage is high.

To reduce the frequency of damage and the loss due to lightning, protection measures can be required. Whether they are necessary, and to what extent, should be determined by frequency of damage and risk assessment.

NOTE 1 The decision to provide lightning protection can be taken regardless of the outcome of frequency of damage or risk assessment where there is a desire that there be no avoidable damages.

NOTE 2 IEC 60364-4-44 [1]¹ always requires the installation of a surge protective device (SPD) at the power line entrance in the structure when the consequence caused by overvoltages affects:

- care of human life, e.g. safety services, medical care facilities,
- public services and cultural heritage, e.g. loss of public services, IT centres, museums,
- commercial or industrial activity, e.g. hotels, banks, industries, commercial markets, farms.

The frequency of damage, defined in this document as the annual number of damages in a structure due to lightning flashes, depends on:

- the annual number of lightning flashes influencing the structure;
- the probability of damaging events by one of the influencing lightning flashes.

The risk, defined in this document as the probable average annual loss in a structure due to lightning flashes, depends on:

- the frequency of damage;
- the mean extent of consequential loss.

Lightning flashes influencing the structure can be divided into

- flashes terminating on the structure,
- flashes terminating near the structure, directly to connected lines (power, telecommunication lines) or near the lines.

Flashes to the structure or a connected line can cause physical damage and life hazards. Flashes near the structure or line as well as flashes to the structure or line can cause failure of electrical and electronic systems due to overvoltages resulting from resistive and inductive coupling of these systems with the lightning current.

Moreover, failures caused by lightning overvoltages in users' installations and in power supply lines can also generate voltage switching overvoltages in the installations.

NOTE 3 Malfunctioning of electrical and electronic systems is not covered by the IEC 62305 series. Reference is made to IEC 61000-4-5 [2].

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

The number of lightning flashes influencing the structure depends on the dimensions, the characteristics of the structure and the connected lines, on the environmental characteristics of the structure and the lines, as well as on lightning ground strike-point density in the region where the structure and the lines are located. Guidance on the assessment of the number of lightning flashes influencing the structure is given in Annex A.

The probability of damage depends on the structure, the resistibility of equipment located on the structure, the connected lines, and the lightning current characteristics, as well as on the type and efficiency of the protection measures applied. Guidance on the assessment of probability of damage is given in Annex B.

The annual mean extent of the consequential loss depends on the extent of damage and the consequential effects which can occur as a result of a lightning flash. Guidance on the assessment of consequential loss is given in Annex C.

The effect of protection measures results from the characteristics of each protection measure and can reduce the damage probabilities.

NOTE 4 It is assumed that protective provisions are realized in the necessary quality.

The protection measures are intended to comply with the IEC 62305 series, the IEC 61643 series and IEC 62793, as applicable.

NOTE 5 For complex structures (such as petrochemical plants, large industrial plants) the factors reported in the annexes of this document can require more detailed evaluation of the characteristics of the structure.

National or local regulations can provide guidance or minimum requirements on the application of this document. This includes fixing the values for the tolerable risk R_T and the tolerable frequency of damage F_T , and the calculation rules and parameter values given in Annex A, Annex B, Annex C and Annex E.

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 2: Risk management

1 Scope

This part of IEC 62305 is applicable to the risk management of a structure due to lightning flashes to earth.

Its purpose is to provide a procedure for the evaluation of such a risk. Once an upper tolerable limit for the risk has been selected, this procedure provides a means for the selection of appropriate protection measures to be adopted to reduce the risk to or below the tolerable limit.

Risk management also includes the evaluation of frequency of damage of internal systems caused by surges due to lightning flashes to earth. Once an upper tolerable limit for the frequency of damage has been selected, this procedure provides a means for the selection of appropriate protection measures to be adopted to reduce the frequency of damage to or below the tolerable limit.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61643 (all parts), *Low-voltage surge protective devices*

IEC 62305-1:2024, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-3:2024, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4:2024, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

IEC 62793, *Thunderstorm warning systems – Protection against lightning*

IEC 62858, *Lightning density based on lightning location systems (LLS) – General principles*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

structure to be protected

any place, facility or building suitable to contain persons, animals, materials or systems

Note 1 to entry: A structure to be protected can be part of a larger structure.

3.2

structure with a risk of explosion

structures associated with hazardous areas as determined in accordance with IEC 60079-10-1 [3] and IEC 60079-10-2 [4] or solid explosive materials

Note 1 to entry: IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2 do not deal with the hazards from solid explosives.

3.3

structure dangerous to the environment

structure which can cause biological, chemical or radioactive emission as a consequence of lightning

EXAMPLE Chemical, petrochemical plants.

3.4

urban environment

area with a high density of buildings or densely populated communities with tall buildings

EXAMPLE Town centre.

3.5

suburban environment

area with a medium density of buildings

EXAMPLE Town outskirts, residential communities.

3.6

rural environment

area with a low density of buildings

EXAMPLE Countryside.

3.7

rated impulse withstand voltage

U_W

value of the impulse withstand voltage assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against overvoltages

Note 1 to entry: For the purposes of this document, only the withstand voltage between live conductors and earth is considered.

[SOURCE: IEC 60664-1:2020, 3.1.18 [5], modified – The symbol U_{imp} has been replaced with U_W , in the definition "transient overvoltages" has been replaced with "voltages" and the Note to entry has been added.]

3.8

electrical system

system incorporating low voltage power supply components

3.9

electronic system

system incorporating sensitive electronic components such as telecommunication equipment, computer, control and instrumentation systems, radio systems, power electronic installations

3.10**internal systems**

electrical and electronic systems of a structure

3.11**line**

power line or telecommunication line connected to the structure to be protected

3.12**telecommunication line**

line intended for communication between equipment that can be located in separate structures

EXAMPLE Phones lines, data lines.

3.13**power line**

distribution line feeding electrical energy into a structure to power electrical and electronic equipment located there

EXAMPLE Low voltage (LV) or high voltage (HV) electric mains.

3.14**dangerous event**

lightning flash to or near the structure to be protected, or to or near a line connected to the structure to be protected that can cause damage

3.15**lightning flash to a structure**

lightning flash striking a structure to be protected

3.16**lightning flash near a structure**

lightning flash striking close enough to a structure to be protected that can cause dangerous overvoltages

3.17**lightning flash to a line**

lightning flash striking a line connected to the structure to be protected

3.18**lightning flash near a line**

lightning flash striking close enough to a line connected to the structure to be protected that can cause dangerous overvoltages

3.19**ground flash density**

N_G

mean number of cloud-to-ground flashes per unit of area per unit of time
(flashes $\times$ km⁻² $\times$ year⁻¹)

Note 1 to entry: Lightning flashes to ground can have more than one striking point to ground.

3.20**lightning ground strike-point density**

N_{SG}

mean number of strike-points to ground or to ground based objects per unit of area per unit of time
(strike-points $\times$ km⁻² $\times$ year⁻¹)

3.21

number of dangerous events due to flashes to a structure

N_D

expected average annual number of dangerous events due to lightning flashes to a structure

3.22

number of dangerous events due to flashes to a line

N_L

expected average annual number of dangerous events due to lightning flashes to a line

3.23

number of dangerous events due to flashes near a structure

N_M

expected average annual number of dangerous events due to lightning flashes near a structure

3.24

number of dangerous events due to flashes near a line

N_I

expected average annual number of dangerous events due to lightning flashes near a line

3.25

lightning electromagnetic pulse

LEMP

Fast time-varying electromagnetic field emitted by lightning and creating surges via resistive, inductive, capacitive and electromagnetic coupling to circuits

3.26

surge

transient created by lightning electromagnetic pulse (LEMP) coupled onto lines and equipment, that appears as an overvoltage or overcurrent

3.27

node

point on a line from which onward surge propagation can be assumed to be neglected

EXAMPLE A power HV substation for a power line, a telecommunication exchange for a telecommunication line.

3.28

physical damage

damage to a structure (or to its contents) due to mechanical, thermal, chemical or explosive effects of lightning

3.29

injury to human beings

injuries, including loss of life, to people resulting from lightning

Note 1 to entry: Animals are addressed by frequency of damage or loss L2.

3.30

failure of internal systems

damage of electrical and electronic systems due to LEMP

3.31

probability of damage

P

probability that a dangerous event will cause damage in the considered zone or to internal system of the structure to be protected

3.32
frequency of damage F

value of the annual number of damaging events which can occur to internal systems of the structure to be protected

3.33
frequency of damage component F_X

partial frequency of damage depending on the source of damage

3.34
tolerable frequency of damage F_T

maximum value of the frequency of damage which can be tolerated by equipment inside the structure or a zone to be protected

3.35
loss L_X

mean extent of a specified type of damage consequent to a dangerous event, in the considered zone of a structure

3.36
service

function performed by the internal systems of the structure to supply a specific need

3.37
risk R

probable average annual loss due to lightning in a structure or in a considered zone of the structure

3.38
risk component R_X

partial risk depending on the source and the type of damage

3.39
tolerable risk R_T

maximum value of the risk which can be tolerated for the structure to be protected

3.40
risk zone Z_X

<of a structure> part of a structure with homogeneous characteristics where a single set of parameters is applicable to the risk assessment

Note 1 to entry: A structure can contain one or more zones.

3.41
section of a line S_L

part of a line with homogeneous characteristics where a single set of parameters is involved for that part of the line in the assessment of a risk or frequency of damage component

3.42

lightning protection zone

LPZ

zone where the lightning electromagnetic environment is defined

Note 1 to entry: The zone boundaries of an LPZ are not necessarily physical boundaries.

3.43

lightning protection level

LPL

number related to a set of lightning current parameters values relevant to the probability that the associated maximum and minimum design values will not be exceeded in naturally occurring lightning

Note 1 to entry: Lightning protection level is used to design protection measures according to the relevant set of lightning current parameters.

3.44

protection measures

measures adopted in the structure to be protected, in order to reduce the risk or frequency of damage

3.45

lightning protection

LP

measures taken for protection of structures against lightning, including their internal systems and contents, as well as persons, in general consisting of an LPS and SPM

Note 1 to entry: Ancillary protection measures such as a TWS can also be used.

3.46

lightning protection system

LPS

complete system used to reduce injury to living beings and physical damage due to lightning flashes to a structure

Note 1 to entry: A lightning protection system consists of both external and internal lightning protection systems.

3.47

surge protection measures

SPM

measures taken to protect internal systems against the effects of LEMP

Note 1 to entry: Surge protection measures are part of an overall lightning protection.

3.48

electromagnetic shield

screen of conductive material intended to reduce the penetration of a time-varying electromagnetic field into the structure or part of the structure to be protected, used to reduce failures of internal systems

3.49

lightning protective cable

special cable with a rated impulse withstand voltage greater than U_w of the connected equipment and a metallic sheath in continuous contact with the soil, either directly or by use of conductive plastic covering

3.50**lightning protective cable-duct**

cable-duct of low resistivity in contact with the soil

EXAMPLE Concrete with interconnected structural steel reinforcements, metallic duct.

3.51**surge protective device****SPD**

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

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1 [6], modified – "surge voltages" has been replaced with "transient overvoltages and the Note has been deleted.]

3.52**coordinated SPD system**

system composed of SPDs properly selected, coordinated and installed to form a system intended to reduce the failures of electrical and electronic systems

3.53**isolating interface**

device which is capable of reducing conducted surges on a line entering the lightning protection zone (LPZ)

Note 1 to entry: The isolating interface includes isolation transformers with earthed screen between windings, metal-free fibre optic cables and opto-isolators.

Note 2 to entry: The insulation withstand characteristics of a device suitable for this application is provided either intrinsically or via an SPD.

3.54**lightning equipotential bonding****EB**

bonding to an LPS of separated metallic parts, by direct conductive connections or via surge protective devices, to reduce potential differences caused by lightning current

3.55**thunderstorm warning system****TWS**

system composed of thunderstorm detector(s) able to monitor the lightning or upcoming lightning activity in the monitoring area (MA) and tools for processing the acquired data to provide a valid alarm (warning) related to the lightning-related events (LREs) or conditions (LRC) for a defined surrounding area (SA)

Note 1 to entry: Some countries refer to TWS as 'lightning warning systems'.

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.23]

3.56**lightning-related event****LRE**

event where one or more cloud-to-ground lightning (CG) occurs inside the surrounding area (SA)

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.15]

3.57

lightning-related conditions

LRC

static electric field that has reached a level high enough so that lightning is expected to occur at any time in the surrounding area (SA)

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.16]

3.58

monitoring area

MA

geographic area where the lightning or upcoming lightning (lightning is expected to occur at any time) activity is monitored in order to provide a valid warning for the surrounding area (SA)

Note 1 to entry: The monitoring area is smaller or equal to the coverage area.

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.18]

3.59

surrounding area

SA

geographic area in which a lightning-related event (LRE) causes a potential danger and which surrounds and includes the target (TA) to be protected

Note 1 to entry: Any lightning-related event (LRE) occurring in the surrounding area (SA) is potentially dangerous for the target. This area is used when evaluating a thunderstorm warning system (TWS) to determine the performance parameters such as failure to warn ratio (FTWR).

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.20]

3.60

Zone 0

area in which an explosive gas atmosphere is present continuously, or for long periods, or frequently

Note 1 to entry: Both “long” and “frequently” are the terms which are intended to describe a very high likelihood of a potentially explosive atmosphere in the area. In that respect, those terms do not necessarily need to be quantified.

[SOURCE: IEC 60079-10-1:2020, 3.3.4 [3]]

3.61

Zone 1

area in which an explosive gas atmosphere is likely to occur occasionally in normal operation

[SOURCE: IEC 60079-10-1:2020, 3.3.5 [3]]

3.62

Zone 2

area in which an explosive gas atmosphere is not likely to occur in normal operation, but, if it does occur, will exist for a short period only

[SOURCE: IEC 60079-10-1:2020, 3.3.6 [3]]

3.63

Zone 20

a place in which an explosive dust atmosphere, in the form of a cloud of dust in air, is present continuously, or for long periods, or frequently

[SOURCE: IEC 60079-10-2:2015, 3.25.1 [4]]

3.64**Zone 21**

a place in which an explosive dust atmosphere, in the form of a cloud of dust in air, is likely to occur in normal operation occasionally

[SOURCE: IEC 60079-10-2:2015, 3.25.2 [4]]

3.65**Zone 22**

area in which an explosive dust atmosphere, in the form of a cloud of combustible dust in air, is not likely to occur in normal operation but, if it does occur, will persist for a short period only

Note 1 to entry: The potential of creating an explosive dust cloud from a dust layer also needs to be considered.

[SOURCE: IEC 60079-10-2:2015, 3.25.3 [4]]

3.66**adjacent structure**

structure connected to the structure under review by at least one line

4 Symbols and abbreviated terms

A_D	Equivalent collection area for flashes to an isolated structure	A.2.1.2
A_D'	Collection area attributed to an elevated roof protrusion	A.2.1.3
A_{DJ}	Equivalent collection area for flashes to an adjacent structure	A.2.5
A_I	Equivalent collection area for flashes near a line	Clause A.5
A_L	Equivalent collection area for flashes to a line	Clause A.4
A_M	Equivalent collection area for flashes striking near the structure	Clause A.3
B	Building	A.2.2
C_D	Location factor	Table A.1
C_{DJ}	Location factor of an adjacent structure	A.2.5, Table A.1
C_E	Environmental factor	Table A.4
C_I	Installation factor of the line	Table A.2
C_{LD}	Factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line for flashes to a line	Table B.9
C_{LI}	Factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line for flashes near a line	Table B.9
C_T	Line type factor for a HV/LV transformer on the line	Table A.3
D_{1D}	Electric shock resulting from direct strike to human beings	5.2
D_{1T}	Electric shock to human beings resulting from resistive and inductive coupling	5.2
D_2	Dangerous sparking triggering fire or explosion.	5.2
D_3	Surges due to all sources of damage	5.2
F	Frequency of damage	9.1
F_C	Frequency of damage due to flashes to the structure (source S_1)	9.1
F_M	Frequency of damage due to flashes near the structure (source S_2)	9.1
F_T	Tolerable frequency of damage	9.3

F_W	Frequency of damage due to flashes to the line (source S_3)	9.1
F_Z	Frequency of damage due to flashes near the line (source S_4)	9.1
H	Height of the structure	A.2.1.2
k	Factor relating N_G to N_{SG}	Clause A.1
K_{S1}	Factor relevant to the screening effectiveness of the structure	Clause B.6
K_{S2}	Factor relevant to the screening effectiveness of shields internal to the structure	Clause B.6
K_{S3}	Factor relevant to the characteristics of internal wiring	Clause B.6
L	Length of structure	A.2.1.2
L_1	Loss due to injury to human beings	5.3
L_2	Loss due to physical damage to the structure and its content	5.3
L_3	Loss due to failure of electrical and electronic systems	5.3
L_{AD}	Loss related to injury to human beings by electric shock resulting from direct strike to those human beings (flashes to a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{AT}	Loss related to injury to human beings by electric shock resulting from resistive and inductive coupling (flashes to a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{B1}	Loss related to injury to human beings caused by physical damage to a structure (flashes to a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{B2}	Loss related physical damage to a structure (flashes to a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{BT}	Total loss related to physical damage of the structure including environmental damage (flashes to a structure)	Clause C.2
L_{C1}	Loss related to injury to human beings, caused by failure of internal systems (flashes to a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{C2}	Loss related to failure of internal systems (flashes to a structure)	Table 3, Clause C.2
L_D	Typical mean ratio of persons injured by direct lightning stroke related to the total number of persons exposed in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2
L_E	Typical mean ratio of loss outside the structure related to the maximum amount of loss in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2
L_{F1}	Typical mean ratio of persons injured by fire or explosion related to the total number of persons in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2
L_{F2}	Typical mean ratio of physical damage by fire or explosion related to the maximum amount of damage in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2
L_L	Length of line section	Clause A.4
L_{M1}	Loss related to injury to human beings, caused by failure of internal systems (flashes near a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{M2}	Loss related to failure of internal systems (flashes near a structure)	Table 3, Clause C.2
L_{O1}	Typical mean ratio of persons injured by failure of internal systems related to the total number of persons in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2
L_{O2}	Typical mean ratio of physical damage by failure of internal systems related to the maximum amount of damage in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2
L_T	Typical mean ratio of persons injured by touch and step voltages related to the total number of persons in the zone, due to one dangerous event	Clause C.2

L_{UT}	Loss related to injury to human beings by electric shock resulting from resistive and inductive coupling (flashes to a line).....	Clause C.2
L_{V1}	Loss related to injury to human beings, caused by physical damage to a structure (flashes to a line)	Clause C.2
L_{V2}	Loss related to physical damage to a structure (flashes to a line)	Clause C.2
L_{VT}	Total loss related to physical damage of the structure including environmental damage (flashes to a line).....	Clause C.2
L_{W1}	Loss related to injury to human beings caused by failure of internal systems (flashes to a line)	Clause C.2
L_{W2}	Loss related to failure of internal systems (flashes to a line)	Clause C.2
L_X	Loss consequent to damages.....	8.1
L_{Z1}	Loss related to injury to human beings, caused by failure of internal systems (flashes near a line)	Clause C.2
L_{Z2}	Loss related to failure of internal systems (flashes near a line)	Clause C.2
n'	Number of conductors in a cable.....	Table B.7
n	Total number of cable conductors and external conducting paths.....	Table B.7
N_D	Number of dangerous events per year due to flashes to structure.....	A.2.4
N_{DJ}	Number of dangerous events due to flashes to adjacent structure.....	A.2.5
N_G	Annual lightning ground flash density.....	Clause A.1
N_I	Number of dangerous events due to flashes near a line	Clause A.5
N_L	Number of dangerous events due to flashes to a line	Clause A.4
N_M	Number of dangerous events due to flashes near a structure.....	Clause A.3
N_{SG}	Annual lightning ground strike-point density	Clause A.1
N_X	Number of dangerous events per annum.....	8.1, 9.2
P_{AD}	Probability that a flash to a structure will strike a person.....	Clause B.3
P_{am}	Probability that a flash to a structure will cause injury to human beings due to touch and step voltages	Clause B.2
P_{AT}	Probability that a flash to a structure will cause dangerous touch and step voltages	Clause B.2
P_B	Probability of physical damage to a structure (flashes to a structure)	Clause B.4
P_C	Probability of failure of internal systems (flashes to a structure).....	Clause B.5
P_e	Probability that an equipment will be exposed to a damaging event	Clause B.12
P_{EB}	Probability that a spark between electrically-isolated conductive sections could appear in spite of protection by EB	Clause B.7, Table B.13
P_{LD}	Probability reducing P_U , P_V and P_W depending on-line characteristics and withstand voltage of equipment (flashes to connected line)	Clause B.7
P_{LPS}	Probability depending on LPL of lightning protection system (LPS)	Clause B.3
P_M	Probability of failure of internal systems (flashes near a structure).....	Clause B.6
P_{MS}	Probability reducing P_M depending on shielding, wiring and withstand voltage of equipment.....	Clause B.6
P_O	Probability factor according to the position of a person in the exposed area ...	Clause B.3

P_P	Probability that a person will be in a dangerous place	Clause B.11
P_Q	Probability that the value of the charge associated with the current flowing through the SPD is exceeding the value tolerated by the SPD	Annex D
P_S	Probability that a flash to a structure will cause dangerous sparking	Clause B.4
P_{SPD}	Probability that an apparatus will be damaged, in spite of protection by a coordinated SPD system.....	Table B.8, Table B.9
P_{TWS}	Probability that a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area	Clause B.1
P_U	Probability of injury to human beings by electric shock (flashes to a connected line)	Clause B.7
P_{Up}	Probability that the value of residual voltage at the SPD exceeds the required protection level U_p , relevant to the current flowing through the SPD.....	Annex D
P_V	Probability of physical damage to a structure (flashes to a connected line)	Clause B.8
P_W	Probability of failure of internal systems (flashes to connected line).....	Clause B.9
P_X	Probability of damage	8.1, 9.2
P_Z	Probability of failure of internal systems (flashes near a connected line).....	Clause B.10
r_f	Factor reducing loss depending on risk of fire	Clause B.4
r_M	Conventional distance	Clause A.3, Clause A.5
r_p	Factor reducing the loss due to provisions against fire	Clause B.4
r_t	Reduction factor associated with the type of surface.....	Clause B.2
R	Risk	6.1, 6.3.1, 6.3.2
R_{AD}	Risk component (injury caused by a flash to human beings exposed on a structure – flashes to a structure).....	6.2.1, Table 2, Table 3
R_{AT}	Risk component (injury to human beings caused by electric shock due to touch and step voltages – flashes to a structure)	6.2.1, Table 2, Table 3
R_B	Risk component (physical damage to a structure – flashes to a structure)	6.2.1, Table 2, Table 3
R_C	Risk component (failure of internal systems – flashes to a structure)	6.2.1, Table 2, Table 3
R_M	Risk component (failure of internal systems – flashes near a structure)	6.2.2, Table 2, Table 3
R_S	Shield resistance per unit length of a cable	Table B.12, Table B.13
R_T	Tolerable risk.....	7.3
R_U	Risk component (injury to human being – flashes to a connected line)	6.2.3, Table 2, Table 3
R_V	Risk component (physical damage to a structure – flashes to a connected line)	6.2.3, Table 2, Table 3
R_W	Risk component (failure of internal systems – flashes to a connected line)	6.2.3, Table 2, Table 3
R_X	Risk component for a structure	8.1
R_Z	Risk component (failure of internal systems – flashes near a line)	6.2.4, Table 2, Table 3
S	Structure.....	A.2.2
$S1$	Source of damage – Flashes to a structure	5.1, Table 3

S2	Source of damage – Flashes near a structure	5.1, Table 3
S3	Source of damage – Flashes to a line	5.1, Table 3
S4	Source of damage – Flashes near a line	5.1, Table 3
S_L	Section of a line	8.4
t_z	Time in hours per year that persons are present in a dangerous place	Clause B.11
U_W	Rated impulse voltage of a system	Clause A.3, Clause A.5, Clause B.7
w_m	Mesh width	Clause B.6
W	Width of structure	A.2.1.2
X	Generic subscript for risk component, number of dangerous events, probability and loss	8.1, 9.2
Z_S	Zones of a structure	8.3

5 Damage and loss

5.1 Source of damage

The lightning current is the primary source of damage. Details relating to lightning currents and lightning properties shall be taken into consideration, in accordance with IEC 62305-1:2024. The following sources are distinguished by the point of strike:

- S1: flashes to the structure,
- S2: flashes near the structure,
- S3: flashes to a line connected to the structure,
- S4: flashes near a line connected to the structure.

5.2 Cause of damage

A lightning flash can cause damage in different ways depending on the characteristics of the structure being assessed. Some of the most important characteristics are: type of construction, contents and application, type of service and protection measures provided. Physical damage to structures and life hazards shall be taken into consideration, in accordance with IEC 62305-3:2024.

As a result, four causes of damage can be distinguished:

- D_{1D} : electric shock to human beings resulting from direct strike to those beings;
- D_{1T} : electric shock to human beings resulting from resistive and inductive coupling;
- D_2 : dangerous sparking inside the structure either triggering fire or explosion or leading to mechanical and chemical effects, or both, which can also endanger the environment;
- D_3 : surges due to all sources of damage causing failures of internal systems.

The damage to a structure due to lightning can be limited to a part of the structure or can extend to the entire structure. It can also involve surrounding structures or the environment (structures dangerous to the environment).

5.3 Type of loss

Each cause of damage relevant to a structure to be protected, alone or in combination with others, can produce different types of loss. The type of loss that can appear depends on the characteristics of the structure itself.

For the purposes of this document, the following types of loss, which can appear as a consequence of lightning flashes, are considered:

- L_1 : loss due to injury to human beings. It is a consequence of causes D_{1D} , D_{1T} , D_2 and even D_3 in structures where failure of internal systems endangers human life for example in structures with a risk of explosion and hospitals;
- L_2 : loss due to physical damage of the structure and its contents. It is a consequence of causes D_2 and D_3 (D_3 generally for structures with a risk of explosion);
- L_3 : loss due to failure of internal systems. It is a consequence of cause D_3 .

NOTE 1 L_3 does not address physical damage to an internal system. It is focused on surges affecting the function provided by the internal system.

The risk calculation is applicable to all structures when types of loss L_1 or L_2 are involved.

The type of loss L_3 can unacceptably impair the services provided by internal systems of the structure. In this case the frequency of damage calculation is performed in addition to the risk calculation. Frequency of damages can cover pure economic losses or loss of service. When damage to internal systems implies consequences for the environment or involves safety related critical equipment, consequence of losses should be addressed by risk calculation and not frequency of damage. Protection against lightning for electrical and electronic systems within structures shall be taken into consideration, in accordance with IEC 62305-4:2024 and the IEC 61643 series.

NOTE 2 Loss of national heritage is covered by loss L_2 , loss of service to the public is covered by F and L_2/L_3 .

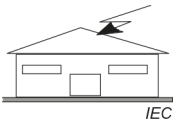
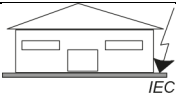
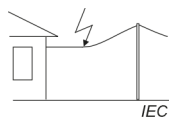
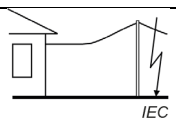
6 Risk and risk components

6.1 Risk

The risk R shall be evaluated with reference to the safety of persons (type of loss L_1) and of the structure and its content (type of loss L_2).

To evaluate risk R , the risk components (partial risks depending on the source of damage and type of loss) shall be defined and calculated (see Table 1).

Table 1 – Sources of damage, causes of damage, types of loss and risk components according to the point of strike

Point of strike		Source of damage	Cause of damage	Type of loss	Risk component
The structure		S1	D_{1T}	L_1	R_{AT}
			D_{1D}^c	L_1	R_{AD}
			D_2	L_1, L_2	R_{B1}, R_{B2}
			D_3	L_1^a, L_2^b	R_{C1}, R_{C2}
Near the structure		S2	D_3	L_1^a, L_2^b	R_{M1}, R_{M2}
The lines connected to the structure		S3	D_{1T}	L_1	R_U
			D_2	L_1, L_2	R_{V1}, R_{V2}
			D_3	L_1^a, L_2^b	R_{W1}, R_{W2}
Near the lines connected to the structure		S4	D_3	L_1^a, L_2^b	R_{Z1}, R_{Z2}
Risk components in the last column are calculated based on the type of losses considered (see column Type of loss). ^a Generally for structures where failure of internal systems endangers human life for example in structures with risk of explosion and hospitals. ^b Generally for structures with a risk of explosion. ^c This is only for people exposed on a structure such as parking on a roof or terrace, balconies.					

Some examples of risk calculations are reported in Annex F.

6.2 Risk components

6.2.1 Risk components for a structure due to source S1

R_{AT} : Component related to type of loss L_1 , caused by electric shock to human beings due to touch and step voltages inside the structure and outside in zones up to 3 m around down conductors.

R_{AD} : Component related to type of loss L_1 , caused by a flash to human beings exposed on a structure.

R_B : Component related to type of loss L_1 (R_{B1}) and L_2 (R_{B2}), caused by dangerous sparking inside the structure triggering fire or explosion, or leading to mechanical or chemical effects, which can also endanger the environment.

R_C : Component related to type of loss L_1 (R_{C1}) and L_2 (R_{C2}), caused by failure of internal systems because of LEMP. Loss can occur generally in the case of structures with a risk of explosion and of hospitals or other structures where failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment.

6.2.2 Risk component for a structure due to source S2

R_M : Component related to type of loss L_1 (R_{M1}) and L_2 (R_{M2}), caused by failure of internal systems due to LEMP. Loss can occur in the case of structures with a risk of explosion and of hospitals or other structures where failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment.

6.2.3 Risk components for a structure due to source S3

R_U : Component related to type of loss L_1 , caused by electric shock to human beings due to touch voltages inside the structure.

R_V : Component related to type of loss L_1 (R_{V1}) and L_2 (R_{V2}), caused by fire or explosion (triggered by dangerous sparking between an external installation and metallic parts generally at the entrance point of the line into the structure) or leading to mechanical or chemical effects, due to lightning current transmitted through or along incoming lines.

R_W : Component related to type of loss L_1 (R_{W1}) and L_2 (R_{W2}), caused by failure of internal systems by overvoltages induced on incoming lines and transmitted to the structure. Loss can occur generally in the case of structures with a risk of explosion and of hospitals or other structures where failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment.

NOTE 1 All lines which are connected to the structure are considered in the assessment.

NOTE 2 Lightning flashes to or near metallic pipes are considered as a source of damage unless the pipes are bonded to an equipotential bonding bar or the LPS earthing system at the entrance of the structure.

6.2.4 Risk component for a structure due to source S4

R_Z : Component related to type of loss L_1 (R_{Z1}) and L_2 (R_{Z2}), caused by failure of internal systems by overvoltages induced on incoming lines and transmitted to the structure. Loss can occur generally in the case of structures with a risk of explosion and of hospitals or other structures where failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment.

NOTE 1 All lines which are connected to the structure are considered in the assessment.

NOTE 2 Lightning flashes to or near metallic pipes are considered as a source of damage unless the pipes are bonded to an equipotential bonding bar or the LPS earthing system at the entrance of the structure.

6.2.5 Factors affecting risk components for a structure

Characteristics of the structure, possible protection measures and provisions taken when a thunderstorm occurs are factors affecting risk components for a structure. The main factors are given in Table 2.

Table 2 – Factors influencing the risk components

Characteristics of structure or of internal systems – Protection measures	R_{AT}^h	R_{AD}^h	R_B^h	R_C^h	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Collection area	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Surface soil resistivity	X								
Floor resistivity	X					X			
Physical restrictions, insulation, warning notice, soil equipotentialization	X					X			
Construction characteristics of structure	X		X						
LPS	X	X	X	X	X ^a	X ^b	X ^b		
Equipotential bonding SPD	X		X			X	X		
Isolating interfaces				X ^c	X ^c	X	X	X	X
Coordinated SPD system ^f				X	X			X	X
Spatial shield				X	X				
Shielding external lines						X	X	X	X
Shielding internal lines				X	X				
Routing precautions				X	X				
Bonding network				X					
Fire precautions			X				X		
Fire sensitivity			X				X		
Impulse withstand voltage				X	X	X	X	X	X
Thunderstorm warning systems ^g	X ^d	X ^e		X	X	X ^e	X ^e	X ^e	X ^e
Presence of people	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOTE Equipment is usually connected to two different services e.g. power line and data line. In case of equipment connected only to one service, the result can overestimate the risk. ^a Only for grid-like external LPS acting as a shield (see KS1 factor in Annex B). ^b Due to equipotential bonding. ^c Only if they belong to equipment. ^d Only for external risk zones according to provisions activated by means of a thunderstorm warning system (TWS) compliant with IEC 62793. A TWS shall always be active and running and should send a message in case of fault. ^e According to provisions activated by means of a thunderstorm warning system (TWS) compliant with IEC 62793. ^f Mainly for structures where failure of internal systems endangers human life for example in structures with a risk of explosion and hospitals. ^g The provisions taken shall be appropriate for the case investigated. ^h When source of damage S1 is considered, protection measures are effective only in structures protected by an LPS or structures with continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural LPS.									

6.3 Composition of risk components

6.3.1 Composition of risk components according to source of damage

The risk R is the sum of its risk components according to the source of damage or type of loss.

$$R = R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} + R_{S4} \quad (1)$$

where

$$R_{S1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{B2} + R_{C1} + R_{C2} \quad (2)$$

$$R_{S2} = R_{M1} + R_{M2} \quad (3)$$

$$R_{S3} = R_U + R_{V1} + R_{V2} + R_{W1} + R_{W2} \quad (4)$$

$$R_{S4} = R_{Z1} + R_{Z2} \quad (5)$$

R_{C1} , R_{M1} , R_{W1} and R_{Z1} generally apply for structures with a risk of explosion and for hospitals with life-saving electrical equipment or other structures when failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment.

R_{C2} , R_{M2} , R_{W2} and R_{Z2} generally apply for structures with a risk of explosion.

NOTE 1 An analysis can justify that an equipment damaged by an overvoltage can create a fire or explosion inside the building. In this case, the relevant risk components can also be evaluated in the risk assessment.

NOTE 2 The value of risk R obtained by adding the two risk components R_M and R_Z is overestimated. In power internal systems the risk component R_M is usually negligible. A more accurate assessment of risk can be made by taking into account that a flash to ground simultaneously has influence on internal systems by direct inductive coupling and on the overvoltage induced on the connected lines. The effect is that components R_M and R_Z can overlap.

6.3.2 Composition of risk components according to type of loss

$$R = R_{L1} + R_{L2} \quad (6)$$

where

$$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_U + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1} \quad (7)$$

$$R_{L2} = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (8)$$

R_{C1} , R_{M1} , R_{W1} and R_{Z1} generally apply for structures with a risk of explosion and for hospitals with life-saving electrical equipment or other structures when failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment.

R_{C2} , R_{M2} , R_{W2} and R_{Z2} mainly apply for structures with a risk of explosion.

NOTE 1 An analysis can justify that an equipment damaged by an overvoltage can create a fire or explosion inside the building. In this case, the relevant risk components can also be evaluated in the risk assessment.

NOTE 2 The value of risk R obtained by adding the two risk components R_M and R_Z is overestimated. In power internal systems the risk component R_M is usually negligible. A more accurate assessment of risk can be made by taking into account that a flash to ground simultaneously has influence on internal systems by direct inductive coupling and on the overvoltage induced on the connected lines. The effect is that components R_M and R_Z can overlap.

NOTE 3 Equations (7) and (8) provide the means of separately assessing the contribution of the risk of loss of human life and of the risk of loss of goods and services to the overall risk.

7 Risk assessment

7.1 Basic procedure

The following procedure shall be applied:

- identification of the structure to be assessed and its characteristics;
- evaluation of risk R .

7.2 Structure to be considered for risk assessment

The structure to be considered includes:

- the structure itself;
- installations in the structure;
- contents of the structure;
- persons in the structure, on the roof of the structure or in the zones up to 3 m from the outside of the structure;
- environment affected by damage to the structure.

Lines outside the structure are of relevance only to the extent that they can carry damaging currents into the structure.

NOTE The structure to be considered can be subdivided into several risk zones (see 8.3).

7.3 Procedure to evaluate the need of protection for risk R

Protection against lightning is necessary if the risk R is higher than the tolerable level R_T .

$$R > R_T$$

In this case, protection measures shall be adopted in order to reduce the risk R to no more than the tolerable level R_T .

$$R \leq R_T$$

NOTE 1 A representative value of tolerable risk is $R_T = 10^{-5} [\text{year}]^{-1}$. Different values can be assigned after detailed investigation, taking into account the vulnerability of human beings inside and outside the investigated structure and the criticality of the structure and its environment for the public due to physical damage.

NOTE 2 When a risk evaluation is not otherwise required, evaluating whether or not to reduce the risk R can be decided by the owner or the manager of the structure.

NOTE 3 If $R \leq R_T$, lightning protection is not necessary to reduce the risk but can be:

- useful to reduce the frequency of damage of the internal systems (see 9.4);
- appropriate if it is desired to reduce in any way the loss (or the unavailability of services).

The following steps shall be taken to determine whether the risk exceeds the tolerable level:

- identification of the components R_X which make up the risk;
- calculation of the identified risk components R_X ;
- calculation of the total risk R (see 6.3);
- comparison of the risk R with the tolerable value R_T .

If the structure is partitioned in risk zones Z_S (see 8.3), risk R shall be evaluated for each zone Z_S .

Comparison of risk R with R_T shall be performed:

- for each risk zone of the structure in a zoned structure;
- for the whole structure in a single-zoned structure.

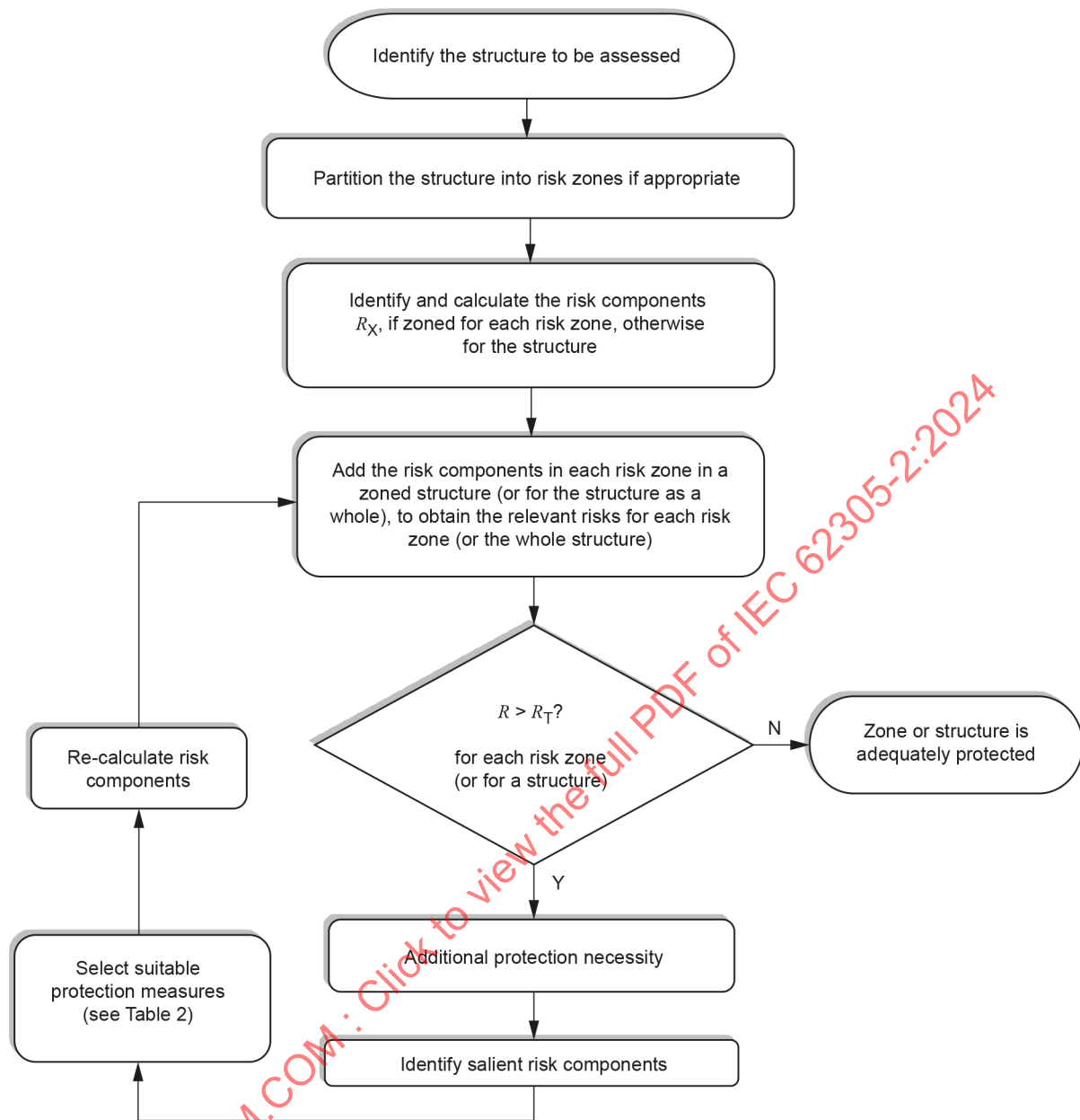
The procedure to evaluate the need for protection for risk R is given in Figure 1.

NOTE 4 When source of damage S1 is considered, protection measures are effective only in structures protected by an LPS or structures with continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural LPS.

NOTE 5 The site owner is informed in cases where the risk cannot be reduced to a tolerable level in spite of having applied the most efficient protection measures proposed. If the risk can be significantly reduced by temporary preventive measures, then a TWS according to IEC 62793 can be installed.

An assessment should be made when the damage to a structure due to lightning can also involve surrounding structures or the environment (e.g. fire propagation, explosion, chemical or radioactive emissions).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024



IEC

Figure 1 – Procedure for deciding the need for protection and for the selection of protection measures to reduce $R \leq R_T$

8 Assessment of risk components

8.1 Basic equation

Each risk component R_{AT} , R_{AD} , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W and R_Z , as described in Table 3, can be expressed by the following general equation:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (9)$$

where

N_X is the number of dangerous events per annum (see also Annex A);

P_X is the probability of damage (see also Annex B);

L_X is the extent of consequent loss (see also Annex C).

The number N_X of dangerous events is affected by lightning ground strike-point density (N_{SG}) and by the physical characteristics of the structure to be protected, its surroundings, connected lines and the soil. N_X shall be obtained, as explained in detail in Annex A, mainly from LLS data, where LLS shall comply with IEC 62858.

The probability of damage P_X is affected by characteristics of the structure to be protected, the connected lines, the attendance of persons and the protection measures provided.

The consequent loss L_X is affected by the use to which the structure is assigned.

If the structure is partitioned in risk zones Z_S (see 8.3), each risk component shall be evaluated for each risk zone Z_S .

NOTE When the damage to a structure due to lightning can also involve surrounding structures or the environment (e.g. chemical or radioactive emissions), the consequent loss is added to the value of L_X , or the concept described in Annex E can be used.

8.2 Assessment of risk components due to different sources of damage

Equations to calculate the risk components related to each source of damage are given in Table 3.

The values of the parameters required in making the calculation of risk components can be found in Annex A, Annex B and Annex C.

For evaluation of the risk components related to lightning flashes to an incoming line (S3), the following shall be considered:

- If the line has more than one section (see 8.4), the values of R_U , R_V and R_W are the sum of the R_U , R_V and R_W values relevant to each section of the line. The sections to be considered are those between the structure and the first node. When information of the section lengths is not available, a maximum line length of 1 km for the sum of HV power lines and LV power lines and a maximum line length of 1 km for telecom lines can be assumed.
- In the case of a structure with more than one connected line with different routing feeding the same internal system, the calculations shall be performed for each line.
- In the case of a structure with more than one connected line with the same routing feeding the same apparatus, the calculations shall be performed only for the line leading to the highest values of N_L (telecom line versus power line, unscreened line versus screened line, LV power line versus HV power line with HV/LV transformer, etc.).

NOTE In the case of lines for which there is an overlapping of the collection area, the overlapping area is considered only once.

For evaluation of the risk component related to lightning flashes near a line connected to the structure (S4), the following shall be considered:

- If the line has more than one section (see 8.4), the value of R_Z is the sum of the R_Z components relevant to each section of the line. The sections to be considered are those between the structure and the first node. When information of the section lengths is not available, a maximum line length of 1 km for the sum of HV power lines and LV power lines and a maximum line length of 1 km for telecom lines can be assumed.
- In the case of a structure with more than one connected line with different routing feeding the same internal system, the calculations shall be performed for each line.
- In the case of a structure with more than one connected line with the same routing feeding the same internal system, the calculations shall be performed only for the line leading to the highest values of N_I (e.g. telecom line versus power line, unscreened line versus screened line, LV power line versus HV power line with HV/LV transformer, etc.).

If the structure is partitioned in risk zones Z_S (see 8.3), each risk component shall be evaluated for each risk zone Z_S .

Table 3 – Risk components for different sources of damage and types of loss

Type of loss	Source of damage			
	S1 Lightning flash to a structure	S2 Lightning flash near a structure	S3 Lightning flash to an (incoming) line	S4 Lightning flash near a line
L ₁ Injury to living beings	R_{AT} $= N_D \times P_{AT} \times P_P \times L_{AT}$		R_U $= (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times P_P \times L_{UT}$	
	R_{AD} $= N_D \times P_{AD} \times P_P \times L_{AD}$			
	R_{B1} $= N_D \times P_B \times P_P \times L_{B1}$		R_{V1} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times P_P \times L_{V1}$	
	R_{C1} $= N_D \times P_C \times P_P \times P_e \times L_{C1}$ See footnote "a".	R_{M1} $= N_M \times P_M \times P_P \times P_e \times L_{M1}$ See footnote "a".	R_{W1} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_P \times P_e \times L_{W1}$ See footnote "a".	R_{Z1} $= N_I \times P_Z \times P_P \times P_e \times L_{Z1}$ See footnote "a".
L ₂ Physical damage	R_{B2} $= N_D \times P_B \times L_{B2}$		R_{V2} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_{V2}$	
	R_{C2} $= N_D \times P_C \times P_e \times L_{C2}$ See footnote "b".	R_{M2} $= N_M \times P_M \times P_e \times L_{M2}$ See footnote "b".	R_{W2} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e \times L_{W2}$ See footnote "b".	R_{Z2} $= N_I \times P_Z \times P_e \times L_{Z2}$ See footnote "b".
^a R_{C1}, R_{M1}, R_{W1} and R_{Z1} generally apply for structures with a risk of explosion and for hospitals or other structures where failures of internal systems immediately endanger human life. ^b R_{C2}, R_{M2}, R_{W2} and R_{Z2} generally apply for structures with a risk of explosion.				

8.3 Partitioning of a structure in risk zones Z_S

To assess each risk component, a structure can be (or is assumed to be) a single zone or can be divided into risk zones Z_S each having their own homogeneous characteristics.

Risk zones Z_S are generally defined by:

- type of soil or of floor;
- fireproof compartments;
- spatial shields.

Further risk zones can be defined according to:

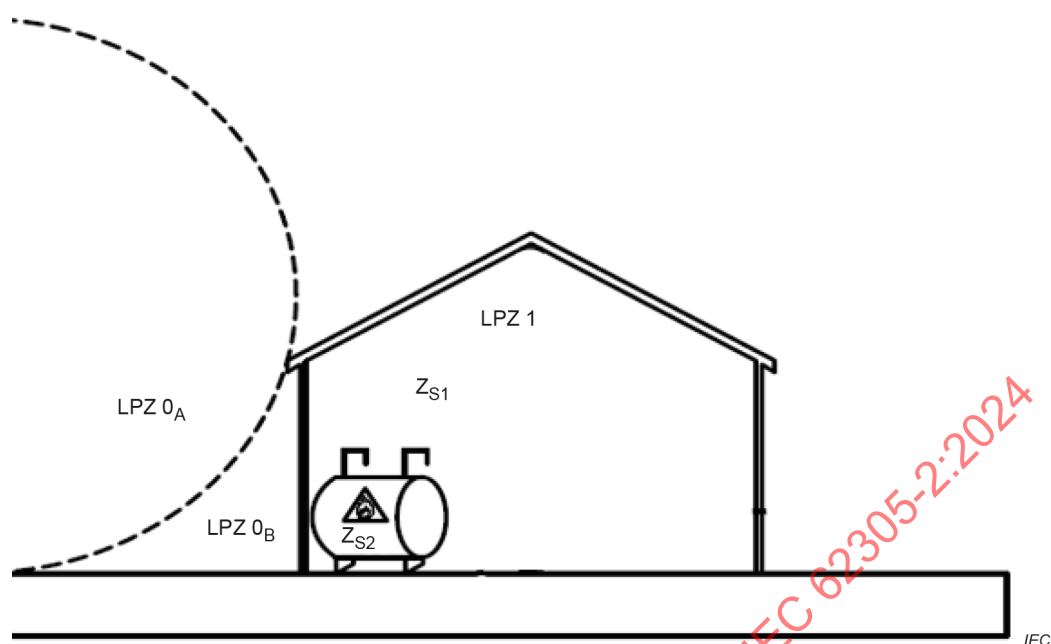
- layout of internal systems;
- protection measures existing or to be provided;
- loss L_X values.

Partitioning of the structure in risk zones Z_S should take into account the feasibility of the implementation of the most suitable protection measures.

NOTE It is emphasized that the risk zones Z_S are defined by the designer to carry out the risk assessment. They are different from the zones LPZ defined in IEC 62305-1.

An example of zone partitioning is shown in Figure 2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

**Key**

LPZ 0 _A	direct flash, full lightning current, full electromagnetic field
LPZ 0 _B	no direct flash, lightning or induced current, full electromagnetic field
LPZ 1	no direct flash, limited lightning or induced current, damped electromagnetic field H1 present (Zone where the surge current is limited by current sharing and isolating interfaces or by SPDs at the boundary. Spatial shielding can attenuate the lightning electromagnetic field.)
Z _{S1}	example of zone number 1
Z _{S2}	example of zone number 2

Figure 2 – Example of zone partitioning**8.4 Partitioning of a line into sections S_L**

To assess the risk components due to a flash to or near a line, the line can be assumed to be a single section or can be divided into individual sections S_L.

For all risk components, sections S_L are primarily defined by

- the type of line (aerial or buried, C_I),
- the characteristics of the line (shielded or unshielded, shield resistance),
- other factors (C_D, C_E, C_T).

If more than one value of a parameter exists in a section, the value leading to the highest value of risk shall be assumed.

8.5 Assessment of risk components in a zone of a structure with risk zones Z_S

8.5.1 General criteria

For the evaluation of risk components and the selection of the relevant parameters involved, the following rules apply:

- parameters relevant to the number N of dangerous events shall be evaluated according to Annex A;
- parameters relevant to the probability P of damage shall be evaluated according to Annex B.

Moreover:

- for components R_A , R_{B1} , R_{B2} , R_U , R_{V1} , R_{V2} , R_{W1} , R_{W2} , R_{Z1} , and R_{Z2} , only one value shall be fixed in each risk zone for each parameter involved. Where more than one value is applicable, the highest one shall be chosen;
- for components R_{C1} , R_{C2} , R_{M1} , and R_{M2} , if more than one internal system is involved in a risk zone, values of P_C and P_M are given by:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times \dots \times (1 - P_{Cn}) \quad (10)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times \dots \times (1 - P_{Mn}) \quad (11)$$

where P_{Cn} and P_{Mn} are parameters relevant to the internal system $n = 1, 2, 3, \dots$;

- parameters relevant to the loss shall be evaluated according to Annex C.

With the exception made for P_C and P_M , if more than one value of any other parameter exists in a risk zone, the value of the parameter leading to the highest value of risk is to be assumed.

NOTE 1 An internal system is not necessarily connected directly to an external service. For example, it can be connected to a copper power line and to a data line connected via an isolation interface.

NOTE 2 A simpler approach is to use $P_C = P_{C1}$ and $P_M = P_{M1}$ where P_{C1} and P_{M1} refer to the worst case.

8.5.2 Single-zoned structure

In this case, only one risk zone Z_S defines the entire structure. The risk R is the sum of risk components R_x in this risk zone.

Defining the structure with a single risk-zone can lead to a greater expense than necessary if an expensive protection measure shall extend to the entire structure, even though it is not essential throughout the entire structure.

8.5.3 Multi-zoned structure

In this case, the structure is divided into multiple risk zones Z_S . In each risk zone, the risk is the sum of all relevant risk components in the risk zone.

Dividing a structure into risk zones allows the designer to take into account the characteristics of each part of the structure in the evaluation of risk components and to select the most suitable protection measures tailored to each risk zone, reducing the overall cost of protection against lightning.

9 Frequency of damage and its components

9.1 Frequency of damage

The frequency of damage F is the value of the number of damaging events caused by sources of damage S in the systems of the structure to be protected.

In the evaluation of the need of protection against lightning, the frequency of damage F shall be considered with reference to loss of service L_3 .

The frequency of damage F is the sum of partial frequencies of damage depending on the source of damage. For evaluation of the frequency of damage F the following relationship applies:

$$F = F_C + F_M + F_W + F_Z \quad (12)$$

where

F_C is the frequency of damage due to flashes to the structure (source S1);

F_M is the frequency of damage due to flashes near the structure (source S2);

F_W is the frequency of damage due to flashes to the line (source S3);

F_Z is the frequency of damage due to flashes near the line (source S4).

The frequency of damages F_C refers to the failure of internal systems caused by LEMP and earth potential rise due to flashes to the structure, F_M refers to the failure of internal systems caused by LEMP due to flashes to ground near the structure, whereas the frequency of damages F_W and F_Z refers to the failure of internal systems caused by overvoltages transmitted from incoming lines to the structure.

NOTE 1 The value of frequency of damage F obtained by adding the two partial frequencies of damage F_M and F_Z can be overestimated. A more accurate assessment of risk can be made by taking into account that a flash to ground simultaneously has influence on internal systems by direct inductive coupling and on the overvoltage induced on the connected lines. The effect is that partial frequency of damage F_M and F_Z can overlap.

NOTE 2 In power internal systems the frequency component F_M is usually negligible.

NOTE 3 The frequency of damage caused by lightning flashes associated with a structure can be assessed for a piece of equipment. The frequency of damage of an internal system or a part of an internal system is in all cases the one of its weakest equipment amongst equipment the user wants to protect (by default all of them).

9.2 Assessment of partial frequency of damage

Each partial frequency of damage F_C , F_M , F_W and F_Z , as described in 9.1, can be expressed by the following general equation:

$$F_X = N_X \times P_X \quad (13)$$

where

N_X is the number of dangerous events per annum (see also Annex A);

P_X is the probability of damage (see also Annex B);

Equations to calculate the partial frequency of damage related to each source of damage are given in Table 4.

The values of the parameters required in making the calculation of partial frequency of damage are given in Annex A and Annex B. Where TWSs are involved, as explained in detail in Annex B, these shall comply with IEC 62793.

Table 4 – Partial frequency of damage for each source of damage

Type of loss	Source of damage			
	S1 Lightning flash to a structure	S2 Lightning flash near a structure	S3 Lightning flash to an (incoming) line	S4 Lightning flash near a line
L_3 loss of service due to failure of internal systems	$F_C = N_D \times P_C \times P_e$	$F_M = N_M \times P_M \times P_e$	$F_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e$	$F_Z = N_I \times P_Z \times P_e$

9.3 Procedure to evaluate the need of protection for frequency of damage F

Protection against lightning is necessary if the frequency of damage F is higher than the tolerable level F_T

$$F > F_T$$

In this case, protection measures should be adopted in order reduce the frequency of damage F to no more than the tolerable level F_T

$$F \leq F_T$$

NOTE 1 A representative value of tolerable risk F_T is $F_T = 0,1 \text{ [year]}^{-1}$ for internal systems critical in performing their function in relation to the required service unavailability, and $F_T = 1 \text{ [year]}^{-1}$ for non-critical internal systems. The values $F_T = 0,1$ and $F_T = 1$ proposed in this document are typical values of tolerable frequency of damage.

NOTE 2 The criticality of the internal systems to perform their function (in relation to the service unavailability that can be tolerated) is considered by the owner or manager of the structure when fixing the F_T value.

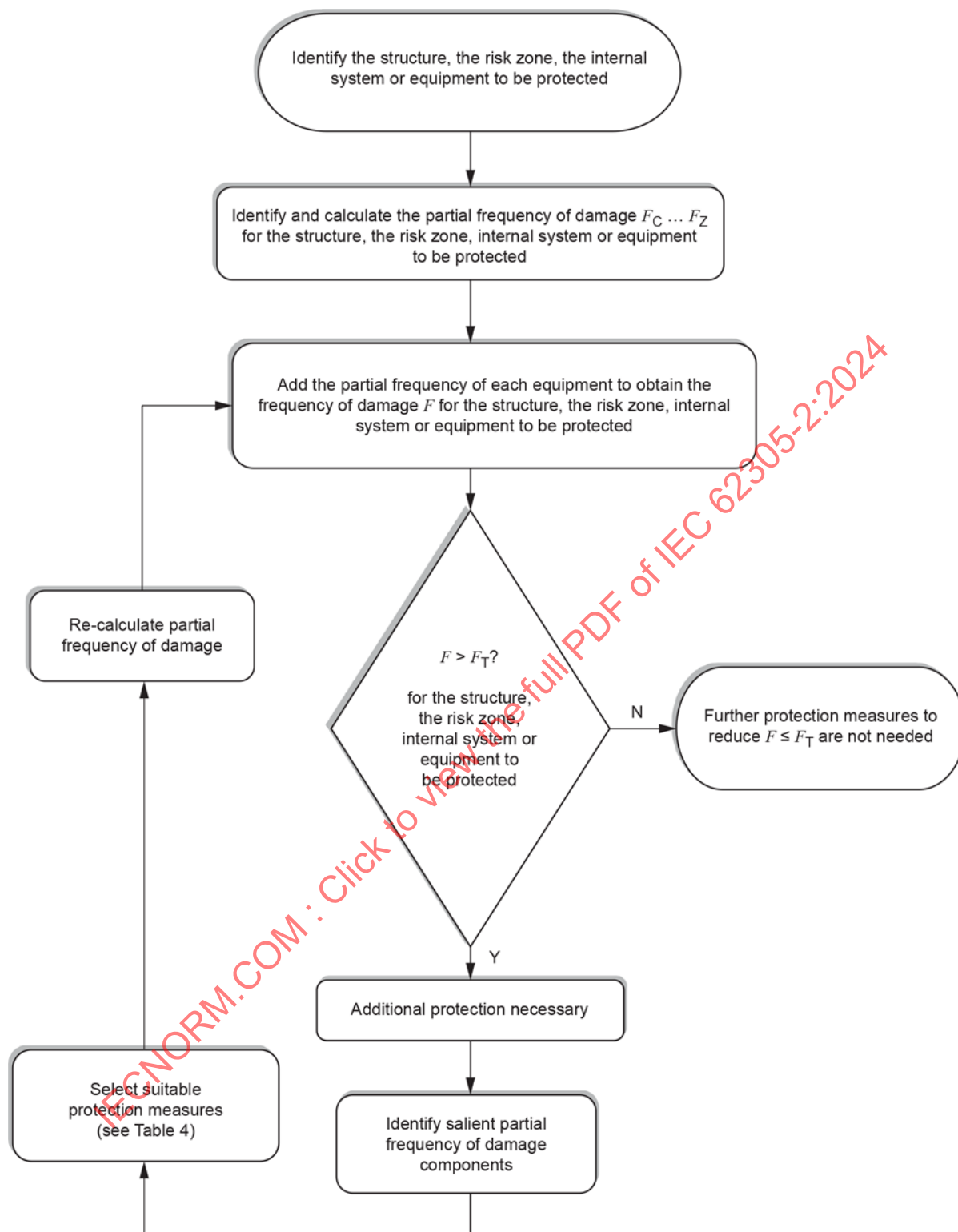
NOTE 3 If $F \leq F_T$, lightning protection is not necessary to reduce frequency of damage, but can be appropriate if it is desired to reduce in any way the loss or the unavailability of services.

The following steps shall be taken to evaluate the need of protection for frequency of damage F :

- calculation of the partial frequency of damage F_X ;
- calculation of the total frequency of damage F ;
- identification of the tolerable frequency of damage F_T ;
- comparison of the frequency of damage F with the tolerable value F_T .

The frequency of damage F shall be evaluated for internal systems or equipment in the structure that the owner wants to protect (when the structure is divided into zones, in each zone where equipment is located and that the owner or manager wants to protect). Comparison of frequency F with F_T shall be performed for these internal systems or equipment.

The procedure to evaluate the need for protection for the frequency of damage F is given in Figure 3.



IEC

Figure 3 – Procedure for determining the need for protection and for the selection of protection measures

9.4 Assessment of partial frequency of damage in zones

9.4.1 General criteria

For the evaluation of partial frequency of damage and the selection of the relevant parameters involved, the following rules apply:

- parameters relevant to the number N of dangerous events shall be evaluated according to Annex A;
- parameters relevant to the probability P of damage shall be evaluated according to Annex B.

Moreover:

- for partial frequency of damage F_W and F_Z , only one value is to be fixed in each risk zone for each parameter involved. Where more than one value is applicable, the highest one shall be chosen;
- for partial frequency of damage F_C and F_M , if more than one internal system is involved in a risk zone, values of P_C and P_M are given by:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times \dots \times (1 - P_{Cn}) \quad (14)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times \dots \times (1 - P_{Mn}) \quad (15)$$

where P_{Cn} and P_{Mn} are parameters relevant to internal system $n = 1, 2, 3, \dots$

If more than one value of any other parameter exists in a risk zone, the value of the parameter leading to the highest value of partial frequency of damage shall be assumed, with the exception made for P_C and P_M .

NOTE 1 An internal system is not necessarily connected directly to an external service. For example, it can be connected to a copper power line and to a data line connected via an isolation interface.

NOTE 2 A simpler approach is to use $P_C = P_{C1}$ and $P_M = P_{M1}$ where P_{C1} and P_{M1} refer to the worst cases.

9.4.2 Single-zoned structure

In this case, only one risk zone Z_S made up of the entire structure is defined. The frequency of damage F is the sum of partial frequencies of damage F_X in this risk zone.

Defining the structure as a single risk zone can lead to expensive protection measures because each measure shall extend to the entire structure.

9.4.3 Multi-zoned structure

In this case, the structure is divided into multiple risk zones Z_S . The frequency of damage F_{zone} for the risk zone is the sum of the partial frequencies of damage $F_{\text{zone}/X}$ relevant to all sources of damage.

Dividing a structure into risk zones allows the designer to take into account the characteristics of each part of the structure in the evaluation of the partial frequency of damage and to select the most suitable protection measures tailored risk zone by risk zone, reducing the overall cost of protection against lightning.

Annex A (informative)

Assessment of annual number N of dangerous events

A.1 General

The average annual number N of dangerous events due to lightning flashes influencing a structure to be assessed depends on the lightning ground strike-point density of the region where the structure is located and on the structure's physical characteristics.

The lightning ground strike-point density N_{SG} is the number of lightning strike points per km² per year. In many areas of the world this value can be obtained from data provided by lightning location systems (LLS) complying with IEC 62858.

When N_{SG} values are not available directly, it is possible to account for flashes with multiple ground strike points. The values of lightning ground flash density N_G can be multiplied by a factor k to estimate N_{SG} depending on many factors such as geographical location. This factor k should be obtained from the national LLS data provider.

$$N_{SG} = k N_G \quad (\text{A.1})$$

where

N_{SG} is the lightning ground strike-point density (1 per km² per year).

NOTE 1 When the LLS data provider cannot provide this factor k or it does not exist (for example when a N_G map exists for a country), a factor 2 can be assumed.

In areas without ground-based lightning location systems, the recommended estimate of lightning ground strike-point density is

$$N_{SG} = 0,5 N_T \quad (\text{A.2})$$

where N_T is the total (ground CG + cloud IC) density of optically recorded flashes per km² per year, obtained through the NASA website http://lightning.nsstc.nasa.gov/data/data_lis-otd-climatology.html [7].

NOTE 2 In most areas of the world, an indication of lightning activity can be obtained from observations of lightning optical transients. Satellite-based sensors respond to all types of lightning with relatively uniform coverage. With sufficient averaging, optical transient density data provide better estimates of ground flash density than thunder observations, which have a wide range of relations between ground flash density and thunderstorm hours or thunderstorm days. There are also regional variations in the ratio of ground flashes (CG) to total flashes (CG + IC).

NOTE 3 IEC 62858 specifies how lightning data is obtained and presented.

Events that can be considered as dangerous to a structure being considered for protection are:

- flashes to the structure,
- flashes to ground near the structure,
- flashes to a line entering the structure, including flashes to another structure to which the line is connected,

- flashes to ground near a line entering the structure.

NOTE 4 Annex A provides simplified methods to calculate the number N of dangerous events due to lightning flashes influencing a structure to be protected.

A.2 Assessment of the average annual number of dangerous events N_D due to flashes to a structure and N_{DJ} to an adjacent structure

A.2.1 Determination of the collection area A_D

A.2.1.1 General

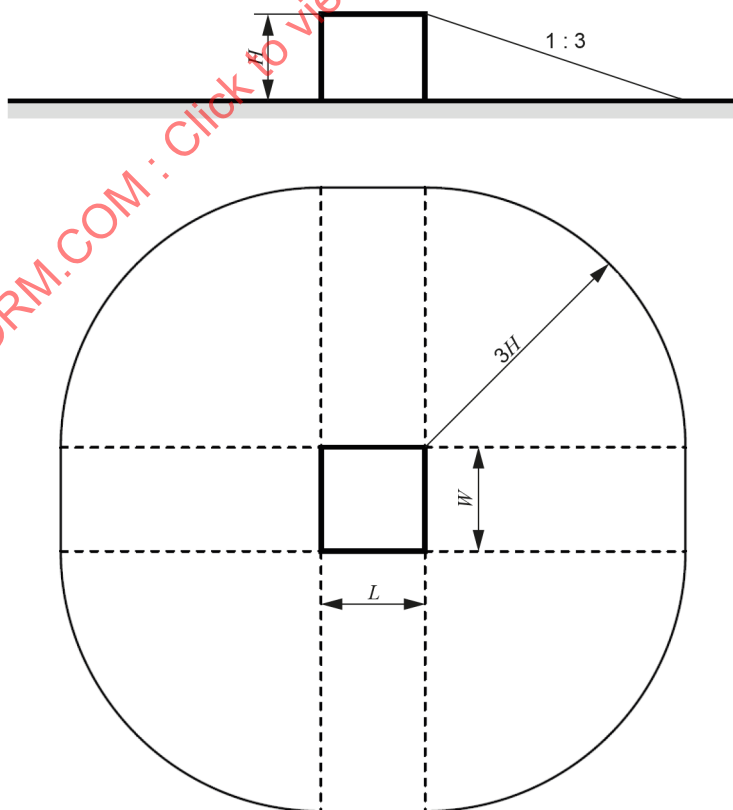
For isolated structures on flat ground, the equivalent collection area A_D is the area defined by the intersection between the ground surface and a straight line with 1/3 slope which passes from the upper parts of the structure (touching it there) and rotating around it. Determination of the value of A_D can be performed graphically or mathematically.

A.2.1.2 Rectangular structure

For an isolated rectangular structure with length L , width W , and height H on flat ground, the equivalent collection area is then equal to:

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (\text{A.3})$$

where L , W and H are expressed in metres (see Figure A.1).



IEC

Figure A.1 – Collection area A_D of an isolated structure

A.2.1.3 Complex-shaped structure

If the structure has a complex shape, such as elevated roof protrusions (see Figure A.2), a graphical method should be used to evaluate A_D (see Figure A.3).

An acceptable approximate value of the collection area is the greater value between the equivalent collection area $A_{D\text{MIN}}$ evaluated with Equation (A.3) taking the minimum height H_{MIN} of the structure, and the collection area attributed to the elevated roof protrusion A_D' . A_D' can be calculated by:

$$A_D' = \pi \times (3 \times H_P)^2 \quad (\text{A.4})$$

where H_P is the height of protrusion.

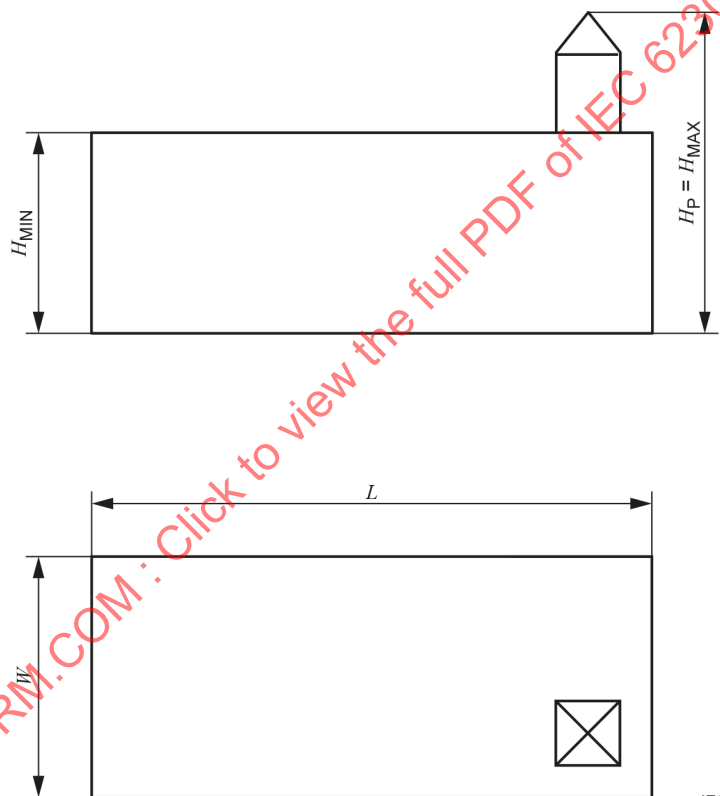


Figure A.2 – Complex-shaped structure

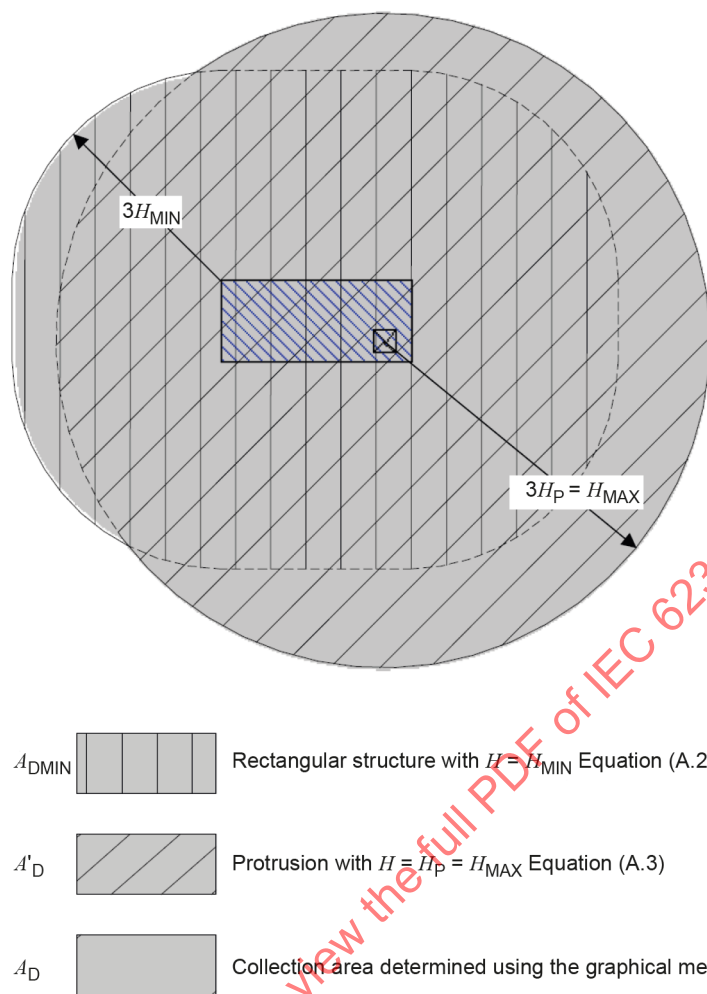


Figure A.3 – Different methods to determine the collection area for a given structure

A.2.2 Structure as a part of a building

Where the structure S to be considered consists of only a part of a building B, the dimensions of structure S can be used in evaluation of A_D provided that the following conditions are fulfilled (see Figure A.4):

- the structure S is a separated vertical part of the building B as shown in Figure A.4;
- the building B does not have a risk of explosion;
- propagation of fire between the structure S and other parts of the building B is restricted e.g. by means of walls with resistance to fire of 120 min or by means of other equivalent protection measures.

NOTE Fire regulations can fix different values for the resistance to fire. Building regulations can fix wall resistance to fire.

- propagation of overvoltages along common lines, if any, is avoided by means of SPDs installed at the entrance point of such lines in the structure or by means of other equivalent protection measure.

Where these conditions are not fulfilled, the dimensions of the whole building B should be used.

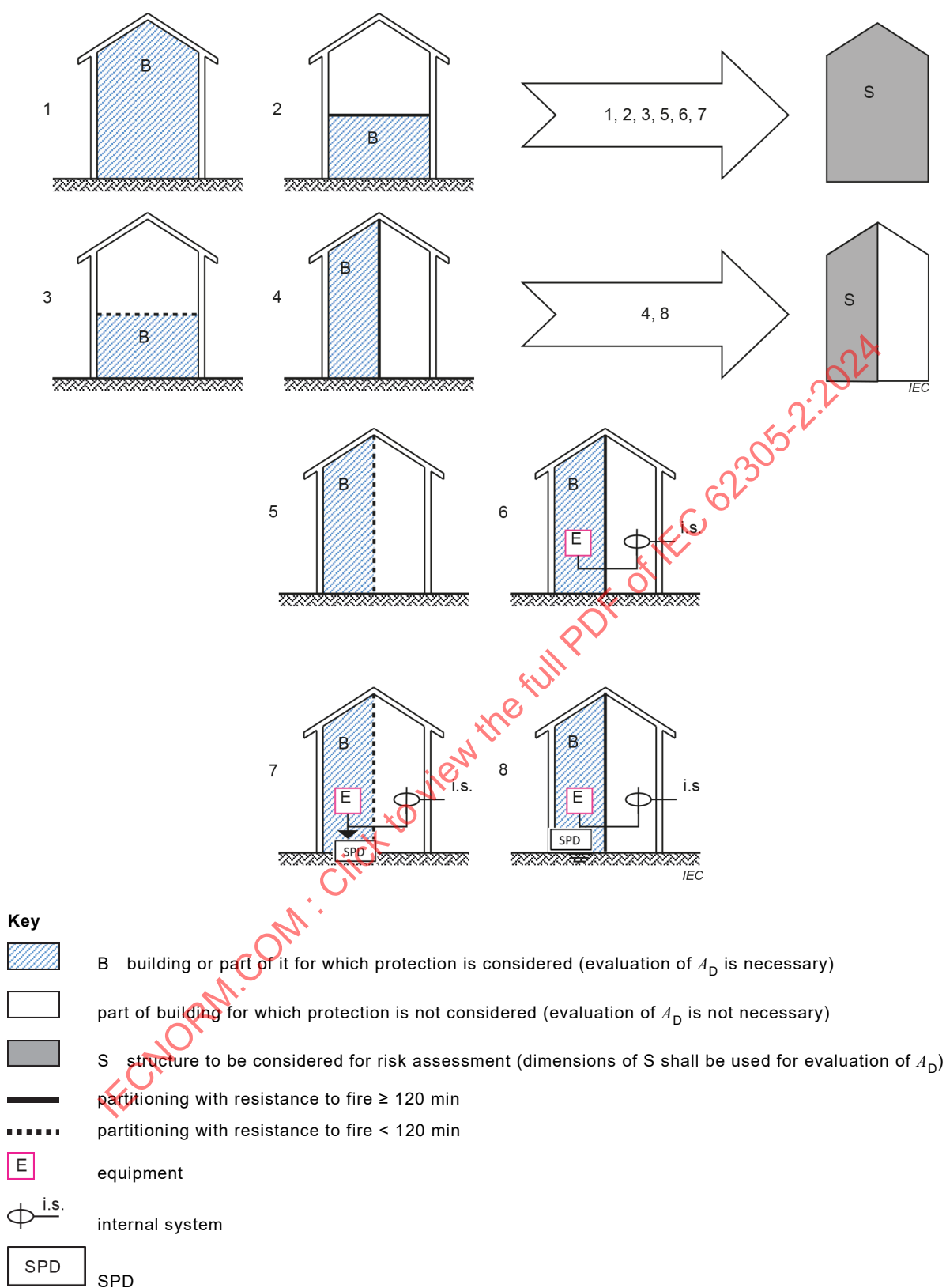


Figure A.4 – Structure to be considered for evaluation of collection area A_D

A.2.3 Relative location of the structure

The relative location of the structure, compensating for surrounding structures or an exposed location, will be taken into account by a location factor C_D (see Table A.1).

A more precise evaluation of the surrounding objects' influence can be obtained considering the relative height of the structure with respect to the surrounding objects or the ground within a distance of $3 \times H$ from the structure and assuming $C_D = 1$.

Table A.1 – Structure location factors C_D and C_{DJ}

Relative location	C_D or C_{DJ}
Structure surrounded by higher objects	0,25
Structure surrounded by objects of the same height or smaller	0,5
Isolated structure: no other objects in the vicinity	1
Isolated structure on hilltop or a knoll	2

NOTE 1 A more complete method based on 3D models can provide detailed results, considering the impact of surrounding buildings and environment.

NOTE 2 The usual way to determine coefficient C_D or C_{DJ} is to determine the influence of objects within a distance of $3H$ from the considered building (overlapping of collection areas).

NOTE 3 C_D is representative of an equivalent collection area of the structure; C_D depends on the height of the nearby structures, the width and in general the collection of the nearby structures. It is not a simple geometric calculation. However, to give an indication, $C_D = 0,25$ can be considered for example when the collection area of the physical structure itself and the ground within a distance of $3 \times H$ is permanently covered by the collection area of surrounding objects to 75 %. $C_D = 0,5$ for example when the collection area of the physical structure itself and the ground within a distance of $3 \times H$ is permanently covered by the collection area of surrounding objects to 50 %. $C_D = 1$ for example when the collection area of the physical structure itself and the ground within a distance of $3 \times H$ is marginally covered by the collection area of surrounding objects.

A.2.4 Number of dangerous events N_D for the structure

N_D can be evaluated as the product:

$$N_D = N_{SG} \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

where

N_{SG} is the lightning ground strike-point density per km² per year;

A_D is the equivalent collection area of the structure (m²);

C_D is the location factor of the structure (see Table A.1).

NOTE In areas with isolated tall structures a more accurate evaluation of N_D can be advisable. Further information can be provided by national committees.

A.2.5 Number of dangerous events N_{DJ} for an adjacent structure

The average annual number of dangerous events due to flashes to a structure connected at the far end of a line, N_{DJ} can be evaluated as the product:

$$N_{DJ} = N_{SG} \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.6)$$

where

N_{SG} is the lightning ground strike-point density per km² per year;

A_{DJ} is the equivalent collection area of the adjacent structure (m²);

C_{DJ} is the location factor of the adjacent structure (see Table A.1);

C_T is the line type factor (see Table A.3).

A.3 Assessment of the average annual number of dangerous events N_M due to flashes near a structure

N_M can be evaluated as the product:

$$N_M = (1/k) \times N_{SG} \times A_M \times 10^{-6} \quad (A.7)$$

where

N_{SG} is the lightning ground strike-point density per km² per year;

A_M is the equivalent collection area of flashes striking near the structure (m²).

NOTE 1 When N_{SG} is obtained directly by LLS, the factor k is provided by the LLS data provider. When not available, $k = 2$ can be assumed (see Clause A.1).

NOTE 2 In power systems the dangerous events N_M can be usually disregarded due to the use of concrete building with dense rebar mesh.

NOTE 3 Environmental factor C_E can also influence N_M , e.g. N_M can be multiplied by the environment coefficient C_E .

The equivalent collection area A_M extends to a line located at a conventional distance r_M from the perimeter of the structure:

$$A_M = 2 \times r_M \times (L + W) + \pi \times r_M^2 \quad (A.8)$$

where

$r_M = 350/U_w$ (m);

U_w is the equipment impulse rated voltage in kV of the equipment having the lowest insulation level.

NOTE 4 Typical values for U_w can be found in Table B.11 and Table B.12.

NOTE 5 This Formula (A.8) is calculated considering a loop area of 50 m² considering its random position with respect to a vertical lightning channel.

A.4 Assessment of the average annual number of dangerous events N_L due to flashes to a line

A line can consist of several sections. For each section of line, the value of N_L can be evaluated by:

$$N_L = N_{SG} \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.9})$$

where

N_L is the number of overvoltages of amplitude not lower than 1 kV (1/year) on the line section;

N_{SG} is the lightning ground strike-point density per km² per year;

A_L is the equivalent collection area of flashes striking the line (m²);

C_I is the installation factor of the line (see Table A.2);

C_T is the line type factor (see Table A.3);

C_E is the environmental factor (see Table A.4);

with the collection area for flashes to a line:

$$A_L = 40 \times L_L \quad (\text{A.10})$$

where

L_L is the length of the line section (m).

When information of the section lengths is not available, a maximum line length of 1 km for the sum of HV power lines and LV power lines and a maximum line length of 1 km for telecom lines can be assumed.

NOTE 1 More information on the equivalent collection areas A_L for telecommunication lines can be found in ITU-T Recommendation K.47 [8].

NOTE 2 A realistic maximum total length to be considered for power lines is generally 2 km.

Table A.2 – Line installation factor C_I

Routing	C_I
Aerial	1
Buried	0,3
Buried cables running entirely within a meshed earth termination (IEC 62305-4:2024, 5.2).	0,01

NOTE 3 The ground resistivity affects the collection area A_L of buried sections. In general, the larger the ground resistivity, the larger the equivalent collection area. The installation factor of Table A.2 is based on $\rho = 400 \, \Omega\text{m}$. For $\rho > 400 \, \Omega\text{m}$, the following equation for a buried section can be used $A_L = 0,6 \times \sqrt{\rho} \times L_L$.

NOTE 4 Different values can be assigned to the installation factor C_I after detailed investigation.

Table A.3 – Line type factor C_T

Installation	C_T
LV power, telecommunication or data line or HV power line with HV/LV auto-transformer	1
HV power (with HV/LV transformer with separated windings)	0,2

NOTE 5 Different values can be assigned to the line type factor C_T after detailed investigation. Lower values for C_T are possible.

Table A.4 – Environmental factor C_E

Environment	C_E
Rural	1
Suburban	0,5
Urban	0,1
Urban with buildings higher than 20 m.	0,01

NOTE 6 The values given for C_E reduce the number of dangerous events caused by sources S3 and S4 due to the protection of the surrounding structures.

NOTE 7 Different values can be assigned to the environmental factor C_E after detailed investigation.

A.5 Assessment of average annual number of dangerous events N_I due to flashes near a line

A line can consist of several sections. For each section of line, the value of N_I can be evaluated by

$$N_I = (1/k) \times N_{SG} \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.11})$$

where

N_I is the number of overvoltages per year of amplitude higher than U_W on the line section;

N_{SG} is the lightning ground strike-point density per km² per year;

A_I is the equivalent collection area of flashes to ground near the line (m²);

C_I is the installation factor (see Table A.2);

C_T is the line type factor (see Table A.3);

C_E is the environmental factor (see Table A.4).

NOTE 1 When N_{SG} is obtained directly by LLS, the factor k is provided by the LLS data provider. When not available, $k = 2$ can be assumed (see Clause A.1).

The equivalent collection area A_I for flashes near a line extends to a line located at a conventional distance r_I from the line:

$$A_I = 2 \times r_I \times L_L \quad (\text{A.12})$$

where

L_L is the length of the line section (m);

$$r_I = 2\,000/U_w^{1,8};$$

U_w is the equipment impulse rated voltage in kV.

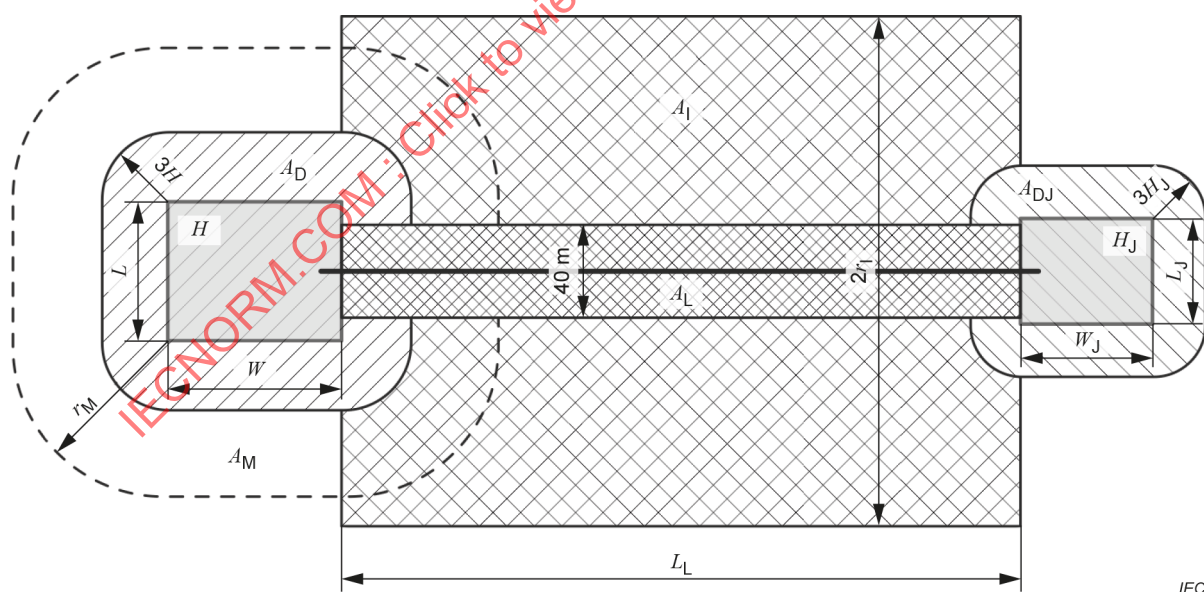
When information of the section lengths is not available, a maximum line length of 1 km for the sum of HV power lines and LV power lines and a maximum line length of 1 km for telecom lines can be assumed.

NOTE 2 A more precise evaluation of A_I can be found in Electra no. 161 [9] and no. 162 [10], 1995 for power lines and in ITU-T Recommendation K.46 [11] for telecommunication lines.

NOTE 3 A realistic maximum total length to be considered for power lines is generally 2 km.

A.6 Representation of the equivalent collection areas

Figure A.5 shows the relationship of the five collection areas, A_D , A_{DJ} , A_M , A_L and A_I , as specified in A.2.1.2, A.2.1.3, Clause A.3, Clause A.4 and Clause A.5 respectively. It should be noted that the areas are not drawn to scale for typical dimensions.



NOTE The figure represents the collection area for one specific lateral distance.

Figure A.5 – Equivalent collection areas A_D , A_{DJ} , A_M , A_L and A_I

Annex B (informative)

Assessment of probability P_X of damage

B.1 General

The probabilities given in this Annex B are valid if protection measures conform to:

- IEC 62305-3 for protection measures to reduce injury to human beings and for protection measures to reduce physical damage;
- IEC 62305-4 for protection measures to reduce failure of internal systems.

Other values can be chosen, if justified.

Values of probabilities P_X less than 1 can be selected only if the measure or characteristic is valid for the entire structure or risk zone of the structure (Z_S) to be protected and for all relevant equipment.

Values of probabilities P_X should take into account probability P_{TWS} if the relevant protective provisions provided are activated by means of a thunderstorm warning system (TWS) complying with IEC 62793 where P_{TWS} is the probability with which a TWS does not detect a lightning-related event in the target area.

NOTE 1 P_{TWS} = maximum value between failure to warn ratio (FTWR) and $1 - \text{POD}_x$ (probability that a lead time of x minutes is obtained). The FTWR and POD_x will generally be obtained from the manufacturer's product data sheet or the service provider. $P_{TWS} = 1$ can be assumed if the manufacturer does not declare the value of FTWR or POD_x .

NOTE 2 For protection measures and reduction values by the use of TWS, refer to IEC 62305-1 and IEC 62793. If temporary preventive measures are not applicable or a TWS is not provided $P_{TWS} = 1$ can be assumed. If the warning given by the TWS does not provide time enough for taking those measures, $P_{TWS} = 1$ can be assumed.

The values of factors to be used for the assessment of probability P_X of damage should be fixed by the lightning protection designer. The values of factors in a structure given in this Annex B are typical values. Different values can be assigned after detailed investigation.

The probability P_X of protection measures to reduce failure of internal systems depends on the probability P_{SPD} of a coordinated SPD system. According to the selected lightning protection level (LPL) value, a coordinated SPD system shall:

- withstand the lightning current expected at its installation point;
- limit the overvoltage value at the equipment input to a value not greater than equipment rated impulse voltage (U_w).

The probability P_{SPD} relevant to the coordinated SPD system depends on:

- the probability P_Q that the value of the expected charge associated with the current flowing through the SPD at its point of installation exceeds the one tolerated by the SPD;
- the probability P_{Up} that the value of residual voltage at the SPD exceeds the required protection level U_{pr} to limit the overvoltage value at the equipment input to a value not greater than the equipment rated impulse voltage (U_w).

Then the probability P_{SPD} is given by:

$$P_{SPD} = 1 - (1 - P_Q)(1 - P_{Up}) \quad (B.1)$$

The probability P_Q refers to positive and negative first strokes, whereas the probability P_{Up} refers to the subsequent stroke of negative flashes.

NOTE 3 Internal systems can include externally mounted equipment provided it is not open to a direct strike according to the chosen LPS class.

B.2 Probability P_{AT} that a flash to a structure will cause dangerous touch and step voltages

The values of probability P_{AT} that a damage due to touch and step voltages by a lightning flash to the structure appear, depend on the protection measures provided:

$$P_{AT} = P_{LPS} \times P_{am} \times r_t \times P_{TWS} \quad (B.2)$$

where

P_{LPS} is the probability depending on the LPL of measures to protect the exposed areas of the structure against a direct flash. Values of P_{LPS} are given in Table B.3;

P_{TWS} is the probability with which a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area;

NOTE 1 The purpose of a warning message created by a TWS is to ensure prompt and complete evacuation of the exposed area. If this evacuation is not ensured or a TWS is not provided or if the manufacturer does not declare the FTWR, $P_{TWS} = 1$ is assumed (see also IEC 62305-1 and IEC 62793 for restrictions of application of a TWS).

P_{am} is the probability that a flash to a structure will cause damage due to touch and step voltages according to different protection measures. Values of P_{am} are given in Table B.1;

r_t is the reduction factor as a function of the type of surface of soil or floor. Values of r_t are given in Table B.2.

NOTE 2 Protection measures are effective in reducing P_{AT} only in structures protected by an LPS or structures with continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural LPS.

Table B.1 – Values of probability P_{am} that a flash to a structure will cause damage due to touch and step voltages according to different protection measures

Protection measure	P_{am}
No protection measures	1
Warning notice	10^{-1}
Electrical insulation (e.g. at least 3 mm cross-linked polyethylene) of exposed parts (e.g. down conductors)	10^{-2}
Effective soil equipotentialization by means of meshed earth termination system ^a	10^{-2}
Natural LPS, see Note 3	10^{-3}
Access restrictions	0
^a Protection measure effective against step voltages only.	

If more than one provision has been taken, the value of P_{am} is the product of the corresponding values.

NOTE 3 $P_{am} = 0,001$ can be assumed when the structure:

- has an extensive metal framework (see IEC 62305-3:2024, 8.1 and 8.2);
- is made of reinforced concrete cast on site, with the reinforcing rods interconnected in accordance with IEC 62305-3 and verified according to the method described in IEC 62305-3:2024, Annex D.
- is provided with a meshed earth termination system and there is no accessible metal installation which can become a part of the path of the lightning current.

Table B.2 – Reduction factor r_t as a function of the type of surface of soil or floor

Type of surface ^a	Contact resistance ^b kΩ	r_t
Agricultural, concrete	≤ 1	10^{-2}
Marble, ceramic	1 – 10	10^{-3}
Gravel, moquette, carpets	10 – 100	10^{-4}
Asphalt, linoleum, wood	≥ 100	10^{-5}
NOTE Particular attention is taken when isolating soil covering layers are in wet conditions or covered with a water layer.		
^a A layer of insulating material, e.g. asphalt, of 5 cm thickness generally reduces the hazard to a tolerable level. In these cases $r_t = 0$ can be assumed.		
^b Contact resistance as per definition IEC 581-23-08. Values measured between a 400 cm ² electrode compressed with a uniform force of 750 N and a point where voltage is not modified by current injection.		

B.3 Probability P_{AD} that a flash will cause damage to an exposed person on the structure

The values of probability P_{AD} that a flash will strike a person on the structure depend on the position of people in the exposed area, on the lightning protection level (LPL) of adopted measures to protect the exposed areas of the structure against the direct flash and on additional protection measures such that:

$$P_{AD} = P_{TWS} \times P_{am} \times P_O \times P_{LPS} \quad (B.3)$$

where

P_{TWS} is the probability with which a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area;

NOTE 1 The purpose of a warning message created by a TWS is to ensure prompt and complete evacuation of the exposed area. If this evacuation is not ensured or a TWS is not provided or if the manufacturer does not declare the FTWR, $P_{TWS} = 1$ is assumed (see also IEC 62305-1:2024, 7.1 for restrictions of application of a TWS).

NOTE 2 When a TWS is used, P_{am} can be ignored.

P_{am} is the probability that a flash to a structure will cause damage due to touch and step voltages according to different protection measures. Values of P_{am} are given in Table B.1;

P_O is the probability factor according to the position of a person in the exposed area, where P_O is assumed equal to 1 when the person is exposed (and equal to 0 when there is nobody);

P_{LPS} is the probability depending on the LPL of measures to protect the exposed areas of the structure against a direct flash. Values of P_{LPS} are given in Table B.3;

NOTE 3 P_{LPS} can be included in Equation (B.3) only when people are within the protected area of the LPS.

P_{am} is the probability that a flash to a structure will cause damage due to touch and step voltages.

Table B.3 – Values of probability P_{LPS} depending on the protection measures to protect the exposed areas of the structure against the direct flash and to reduce physical damage

Characteristics of structure	Class of LPS	P_{LPS}
Structure or exposed areas not protected	-	1
Structure or exposed areas protected by an LPS	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Structure protected by an LPS I with a continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural down-conductor system		0,01
Structure protected by an LPS I with a metal roof and an air-termination system, possibly including natural components, with complete protection of any roof installations against direct lightning strikes and a continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural down-conductor system		0,001

NOTE 4 Values of P_{LPS} other than those given in Table B.3 are possible if based on a detailed investigation taking into account the requirements of sizing and interception criteria defined in IEC 62305-1.

NOTE 5 The characteristics of the LPS, including those of the SPD for lightning equipotential bonding, are reported in IEC 62305-3.

NOTE 6 The protection level of the LPS can be different for protection of the exposed areas of the structure against the direct flash or to reduce physical damage.

NOTE 7 For more information see IEC 62305-3:2024, 8.1 and 8.2.

B.4 Probability P_B that a flash to a structure will cause physical damage by fire or explosion

The probability P_B that a flash to a structure will cause physical damage by fire or explosion is given by:

$$P_B = P_S \times P_{LPS} \times r_f \times r_p \quad (\text{B.4})$$

where

P_S is the probability that a flash to a structure will cause dangerous sparking. Values of P_S are given in Table B.4;

P_{LPS} is the probability depending on the protection measures to reduce physical damage. Values of P_{LPS} are given in Table B.3;

r_p is the reduction factor as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire. Values of r_p are given in Table B.5;

r_f is the reduction factor as a function of risk of fire or explosion of structure. Values of r_f are given in Table B.6.

Table B.4 – Values of probability P_S that a flash to a structure will cause dangerous sparking

Type of structure	P_S
Wood and masonry	1
Electrically-continuous reinforced concrete or Interconnected metal framework	0,5
NOTE 1 If there is no LPS installed or if the LPS is not installed according to IEC 62305-3, Table B.4 gives the value for P_S. If an LPS is installed according to IEC 62305-3, $P_S = 1$ and the beneficial effect of the LPS is taken into account by P_{LPS}. NOTE 2 If significant metal protruding parts not bonded to the structure framework are present, $P_S = 1$ can be adopted. NOTE 3 When walls and roof are not of the same type, a larger value for P_S can be considered. NOTE 4 For reinforcement, the value of 0,5 is only valid if reinforcement is sufficiently interconnected and connected to the earthing arrangement.	

Table B.5 – Reduction factor r_p as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire

Provisions	r_p
No provisions	1
One of the following provisions: extinguishers; fixed manually-operated extinguishing installations ^a ; manual alarm installations; hydrants; fire compartments; escape routes	0,5
One of the following provisions: fixed automatically operated extinguishing installations; automatic alarm installations ^b	0,2
NOTE These provisions are only valid if they are available and operational at the time of a lightning event. If in doubt $r_p = 1$ is suggested. In some countries, it is not possible to use other values than $r_p = 1$ unless an LPS is provided. ^a Provisions are effective only if operated by persons trained for this purpose and able to do so. ^b Only if protected against overvoltages and other damages and if firefighters can arrive in less than 10 min.	

Provisions taken to reduce the consequences of fire as described in Table B.5 do not prevent fire occurrence due to lightning. If fire mitigation measures are used in lightning risk calculation (r_p different from 1), the user should be informed. If the user is not informed, $r_p = 1$ should be applied.

In zones with a risk of explosion, $r_p = 1$ for all cases unless provisions are taken to ensure that a fire cannot trigger an explosion inside the explosive area.

In zones with lithium-ion batteries $r_p = 1$ should be applied. Small volume of such batteries can be disregarded (e.g. a portable computer).

Table B.6 – Reduction factor r_f as a function of risk of fire or explosion of structure

Risk	Level of risk	r_f
Explosion	Zones 0, 20 and solid explosive	1
	Zones 1, 21	10^{-1}
	Zones 2, 22	10^{-3}
Fire	High	10^{-1}
	Ordinary	10^{-2}
	Low	10^{-3}
Explosion or fire	None	0
NOTE Examples of fire loads for different type of structures can be found in other documents, for example EN 1991-1-2 [12].		

NOTE 1 In the case of a structure with a possibility of explosion, the values for r_f are suggested values that are presented as worst case for the purpose of lightning protection calculation in the absence of input from a facility owner or other valid source. Since the probability of hazardous conditions and consequence of ignition can vary from site to site, the application of the definitions for Zones 1 and 21 and Zones 2 and 22 and other principles from the IEC 60079 and ISO/IEC 80079 series would allow values to be determined with input from the facility owners or other valid sources for the particular application. Examples of valid sources include applicable standards and codes for the application.

NOTE 2 Where different conditions are present the worst case is used.

NOTE 3 Structures with a high risk of fire can be assumed to be structures made of combustible materials or structures with roofs made of combustible materials or structures with a specific fire load larger than 800 MJ/m².

NOTE 4 Structures with an ordinary risk of fire can be assumed to be structures with a specific fire load between 800 MJ/m² and 400 MJ/m².

NOTE 5 Structures with a low risk of fire can be assumed to be structures with a specific fire load less than 400 MJ/m², or structures containing only a small quantity of combustible material.

NOTE 6 Specific fire load is the ratio of the energy of the total quantity of the combustible material in a structure and the overall surface of the structure.

NOTE 7 For the purposes of this document, structures associated with hazardous areas or solid explosive materials are not assumed to be structures with a risk of explosion if any one of the following conditions is fulfilled:

- the time of presence of explosive substances is lower than 0,1 h/year.
- the volume of explosive atmosphere leads to a zone of negligible extent.
- the hazardous area cannot be hit directly by a flash and dangerous sparking in the hazardous area is avoided. This condition is fulfilled in the following cases:

For hazardous areas enclosed within metallic shelters, when the shelter, as a natural air-termination system, acts safely without puncture or hot-spot problems, and internal systems inside the shelter, if any, are protected against overvoltages to avoid dangerous sparking.

For hazardous areas in structures, when the hazardous area is within structures protected by an LPS or structures with continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural LPS, where bonding requirements of IEC 62305-3 are satisfied and internal systems in the area, if any, are protected against overvoltages to avoid dangerous sparking.

NOTE 8 The definitions and criteria for hazardous areas and a zone of negligible extent are found in IEC 60079-10-1 [3] and IEC 60079-10-2 [4].

B.5 Probability P_C that a flash to a structure will cause failure of internal systems

A coordinated SPD system is suitable as a protection measure to reduce P_C .

The probability P_C that a flash to a structure will cause a failure of internal systems is given by:

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (\text{B.5})$$

P_{SPD} depends on the coordinated SPD system conforming to IEC 62305-4 and on internal system characteristics. Values of P_{SPD} are reported in Table B.7 and Table B.8.

C_{LD} is a factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line to which the internal system is connected. Values of C_{LD} are given in Table B.9.

NOTE 1 A coordinated SPD system is effective in reducing P_C only in structures protected by an LPS or structures with continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural LPS, where bonding requirements of IEC 62305-3 are satisfied, irrespective of the LPS class.

NOTE 2 If the roof is considered as a zone of the building, then the protection measures are defined as for the other zones. If protection against direct flashes is required, the equipment on the roof is protected by the LPS and the SPDs are designed according to source of damage S1 (both resistive and inductive coupling) in Table B.7 or Table B.8 as a simple approach.

Table B.7 – Typical values of P_{SPD} for SPDs on the low-voltage system, used to protect against sources of damage S1, S2, S3, S4

LPL	Direct and indirect flashes to the line				Flash near the structure		Flash to the structure		Flash to the structure	
	Source of damage S3 ^a		Source of damage S4 ^a		Source of damage S2 ^a		Source of damage S1 ^a (inductive coupling)		Source of damage S1 ^b (resistive coupling)	
	kA 10/350 µs	P_{SPD}	kA 8/20 µs	P_{SPD}	kA 8/20 µs	P_{SPD}	kA 8/20 µs	P_{SPD}	kA 10/350 µs	P_{SPD}
No SPDs		1		1		1		1		1
III to IV	5	0,05	0,3	0,05	0,1	0,05	5	0,05	12,5	0,05
II	7,5	0,02	0,45	0,02	0,15	0,02	7,5	0,02	18,75	0,02
I	10	0,01	0,6	0,01	0,2	0,01	10	0,01	25	0,01
Better than LPL I			2,5 ^{c d}	10 ⁻⁴	2,5 ^c	10 ⁻⁴				
			3,75 ^{c d}	5 × 10 ⁻⁵	3,75 ^c	5 × 10 ⁻⁵				
			5 ^{c d}	10 ⁻⁵	5 ^c	10 ⁻⁵				

NOTE 1 The necessary LPL for the SPDs can be different from the LPL of the LPS.

NOTE 2 For shielded lines, the values of the currents can be halved.

^a For information on values of current and specific conditions, refer to IEC 62305-1:2024, Table E.1.

^b Current values refer to a single service line ($n = 1$) having three phase conductors + neutral ($n' = 4$); sharing factor $k_e = 0,5$; more detailed information is given in IEC 62305-1:2024, Clause E.2.

^c SPD commonly used.

^d Values for S4 in IEC 62305-1:2024, Table E.1 defined for LPL I to IV, are reported in this table in lines "better than LPL I".

Table B.8 – Typical values of P_{SPD} for SPDs on the telecommunications system used to protect against sources of damage S1, S2, S3, S4

LPL	Direct and indirect flashes to the line				Flash near the structure		Flash to the structure		Flash to the structure	
	Source of damage S3 ^a		Source of damage S4 ^a		Source of damage S2 ^{a e}		Source of damage S1 ^{a d} (inductive coupling)		Source of damage S1 ^b (resistive coupling)	
	kA 10/350 μ s	P_{SPD}	kA 8/20 μ s	P_{SPD}	kA 8/20 μ s	P_{SPD}	kA 8/20 μ s	P_{SPD}	kA 10/350 μ s	P_{SPD}
No SPDs		1		1		1		1		1
III to IV	1	0,05	0,3	0,05	0,1	0,05	5	0,05	1,25 ^f	0,05
II	1,5	0,02	0,45	0,02	0,15	0,02	7,5	0,02	1,875 ^f	0,02
I	2	0,01	0,6	0,01	0,2	0,01	10	0,01	2,5 ^f	0,01
Better than LPL I			2,5 ^c	10^{-4}	2,5 ^c	10^{-4}				
			3,75 ^c	5×10^{-5}	3,75 ^c	5×10^{-5}				
			5 ^c	10^{-5}	5 ^c	10^{-5}				
NOTE 1 The necessary LPL for the SPDs can be different from the LPL of the LPS. NOTE 2 Refer to ITU-T Recommendation K.67 [13] for more information. NOTE 3 Values referred to overhead unshielded lines. For buried lines, the values of the currents can be halved. For shielded lines, the values of the currents can be halved. ^a For information on values of current and specific conditions, refer to IEC 62305-1:2024, Table E.2. ^b Detailed information is given in IEC 62305-1:2024, Clause E.2. ^c SPD commonly used. ^d Loop conductors routing and distance from the inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in IEC 62305-1:2024, Table E.2 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m², width = 0,5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure ($k_c = 1$). For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} (see Clause B.6). ^e Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in IEC 62305-1:2024, Table E.2 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing (loop area in the order of 50 m², width = 0,5 m), 350 m apart from the lightning stroke, inside an unshielded structure. For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} (see Clause B.6). ^f Detailed information is given in IEC 62305-1:2024, Clause E.2.										

Values of probability P_{SPD} given in Table B.7 and in Table B.8 refer to the case of P_{Up} being negligible in comparison with P_Q and then $P_{SPD} = P_Q$. The values of P_{SPD} given in Table B.7 and in Table B.8 can be obtained by means of an SPD system consisting of two SPDs. For some applications, the installation of two SPDs may not be possible. In order to assess the efficiency of an SPD system it is necessary to compare the protection level U_p and the discharge current parameters I_{imp} .

Different values of probability P_{SPD} than those given in Table B.7 and in Table B.8 can be used if they are sufficient to reduce the risk R and the frequency of damage F below the tolerable values.

NOTE 3 The characteristics of the line upstream of the SPD system and of the internal circuit downstream of the SPD system have a strong influence on the value of the probability P_{SPD} that an apparatus, protected by an SPD system, is damaged. As the matter is complicated, when information on proper selection of an SPD system with negligible P_{Up} is not available, as a first approximation, the simplified rules given for general guidance in IEC 62305-4:2024, Annex C, can be used. In this case the values of P_{SPD} achieved are higher than those given in Table B.7 and in Table B.8.

NOTE 4 Additional information on the selection of an SPD system giving the required probability P_{SPD} can be provided after detailed investigation.

NOTE 5 Values given in Table B.7 and Table B.8 apply for common cases. Values of P_{SPD} based on a more detailed analysis can be determined based on Annex D.

Table B.9 – Values of factors C_{LD} and C_{LI} depending on shielding, grounding and isolation conditions

External line type	Connection at entrance	C_{LD}	C_{LI}
Aerial line unshielded	Undefined	1	1
Buried line unshielded	Undefined	1	1
Multi grounded neutral power line	None	1	0,2
Shielded buried line (power or telecom)	Shield not bonded to the same bonding bar as equipment	1	0,3
Shielded aerial line (power or telecom)	Shield not bonded to the same bonding bar as equipment	1	0,1
Shielded buried line (power or telecom)	Shield bonded to the same bonding bar as equipment	1	0
Shielded aerial line (power or telecom)	Shield bonded to the same bonding bar as equipment	1	0
Lightning protective cable or wiring in lightning protective cable-ducts, metallic conduit, or metallic tubes	Shield bonded to the same bonding bar as equipment	0	0
No external line or optical line	No connection to metallic external lines	0	0
Any type	Connection to an isolating interface according to IEC 62305-4 ^a	0	0
^a For this equipment, C_{LD} and C_{LI} values are given in this table according to the external line type and connection at entrance. $C_{LD} = 0$ only if the isolating interface is protected by an SPD or if it is demonstrated by tests that the isolating interface has the appropriate surge withstand. In other cases, $C_{LD} = 1$. See also Note 5.			

NOTE 6 An isolating interface is a part of an internal system and its probability of failure can be evaluated according to its withstand voltage. An SPD protecting the isolating interface, if provided, protects even the downstream equipment when the internal system between the isolating interface and the equipment is shielded; when the internal system is unshielded and if the voltage induced in this loop, calculated according to the required LPL, is greater than the rated impulse voltage of the equipment, an additional SPD can be used to protect downstream equipment.

NOTE 7 In the evaluation of probability P_C , values of C_{LD} in Table B.9 refer to shielded internal systems. The value of C_{LD} of an unshielded internal system not connected to external lines or optical lines, or connected to external lines consisting of lightning protective cable or systems with wiring in lightning protective cable-ducts, metallic conduit, or metallic tubes, bonded to the same bonding bar as equipment, is equal to the probability for which the induced voltage U_i is not higher than the rated impulse voltage U_w of the internal system ($U_i \leq U_w$). For evaluation of induced voltage U_i see IEC 62305-4:2024, Annex A and Annex H. In other cases, $C_{LD} = 1$ is assumed.

B.6 Probability P_M that a flash near a structure will cause failure of internal systems

A grid-like LPS, screening, routing precautions, increased withstand voltage, isolating interfaces and coordinated SPD systems are suitable as protection measures to reduce P_M .

NOTE 1 An external LPS even to LPL I will generally have no significant screening effect.

The probability P_M that a lightning flash near a structure will cause the failure of internal systems depends on the adopted SPMs (see IEC 62305-4).

When a coordinated SPD system meeting the requirements of IEC 62305-4 is not provided, the value of P_M is equal to the value of P_{MS} .

When a coordinated SPD system according to IEC 62305-4 is provided, the value of P_M is given by:

$$P_M = P_{SPD} \times P_{MS} \quad (B.6)$$

For internal systems with equipment not conforming to the resistibility or withstand voltage level given in the relevant product standards, $P_M = 1$ should be assumed.

P_{SPD} depends on the coordinated SPD system and on the loop area of the circuit of the SPD and the apparatus to be protected. Values of P_{SPD} are reported in Table B.7 and Table B.8.

NOTE 2 Because of very low values of expected charge flowing through the SPD compared to what a typical selected SPD can withstand, P_{SPD} is the probability that the value of residual voltage exceeds the required protection level relevant to the current flowing through the SPD (P_{Up}); such probability depends on the loop area A of the circuit of the SPD and apparatus and on the rated impulse voltage U_W of the apparatus to be protected. Simplified rules are given for general guidance in IEC 62305-4:2024, Annex C.

The values of P_{MS} are obtained from the product:

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3})^2 \quad (B.7)$$

where

K_{S1} takes into account the screening effectiveness of the structure, LPS or other shields at boundary LPZ 0/1;

K_{S2} takes into account the screening effectiveness of shields internal to the structure at boundary LPZ X/Y ($X > 0$, $Y > 1$);

K_{S3} takes into account the characteristics of internal wiring (see Table B.10);

NOTE 3 In Equation (B.6), K_{S4} (which was in previous editions of this document related to the impulse withstand voltage of the system to be protected) is taken equal to 1, because the withstand voltage is already taken into account when calculating N_M .

NOTE 4 $K_{S3} = S/50$,

where

$S = w \times l$ is the loop area;

w (m) is the width of the internal circuit;

l (m) is the length of the internal circuit.

Inside an LPZ, at a safety distance from the boundary screen at least equal to the mesh width w_m , factors K_{S1} and K_{S2} for the LPS or spatial grid-like shields can be evaluated as:

$$K_{S1} = 0,12 \times w_{m1} \quad (\text{B.8})$$

$$K_{S2} = 0,12 \times w_{m2} \quad (\text{B.9})$$

where w_{m1} (m) and w_{m2} (m) are the mesh widths of grid-like spatial shields, or of mesh type LPS down conductors or the spacing between the structure metal columns, or the spacing between a reinforced concrete framework acting as a natural LPS.

For continuous metal electromagnetic shields with thicknesses not lower than 0,1 mm, $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4}$.

NOTE 5 Where a meshed bonding network is provided according to IEC 62305-4, values of K_{S1} and K_{S2} can be halved.

Where the induction loop is running closely to the LPZ boundary shield conductors at a distance from the shield shorter than the safety distance, the values of K_{S1} and K_{S2} will be higher. For instance, the values of K_{S1} and K_{S2} should be doubled where the distance to the shield ranges from 0,1 w_m to 0,2 w_m .

For a cascade of LPZs the resulting K_{S2} is the product of the relevant K_{S2} of each LPZ.

NOTE 6 The maximum value of K_{S1} and K_{S2} is limited to 1.

Table B.10 – Value of factor K_{S3} depending on internal wiring

Type of internal wiring	K_{S3}^a
Unshielded cable – no routing precaution in order to avoid loops ^b	1
Unshielded cable – routing precaution in order to avoid large loops ^c	0,5
Unshielded cable – routing precaution in order to avoid large loops ^d	0,2
Unshielded cable – routing precaution in order to avoid loops ^e	0,01
Shielded cables and cables running in metal conduits ^f	0,000 1
^a Data referred to circuits 100 m long. For shorter circuits the K_{S3} values can be proportionally reduced. ^b Loop conductors with different routing (spacing between live conductors and PE $\geq 0,5$ m) in large buildings (loop area in the order of 50 m²). ^c Loop conductors routed in the same conduit (spacing between live conductors and PE $\leq 0,25$ m) or loop conductors with different routing in small buildings (loop area in the order of 25 m²). ^d Loop conductors routed in the same conduit (spacing between live conductors and PE $\leq 0,1$ m) or loop conductors with different routing in small buildings (loop area in the order of 10 m²). ^e Loop conductors routed in the same cable (spacing between live conductors and PE of the order of 0,005 m) (loop area of the order of 0,5 m²). ^f Shields and the metal conduits bonded to an equipotential bonding bar at both ends and equipment is connected to the same bonding bar.	

B.7 Probability P_U that a flash to a line will cause damage due to touch voltage

The values of probability P_U that a flash to a line will cause damage due to touch voltage inside the structure, depends on the characteristics of the line shield, the impulse withstand voltage of internal systems connected to the line, the protection measures like physical restrictions or warning notices and the isolating interfaces or SPD(s) provided for equipotential bonding at the entrance of the line according to IEC 62305-3.

NOTE 1 A coordinated SPD system according to IEC 62305-4 is not necessary to reduce P_U ; in this case SPD(s) according to IEC 62305-3 are sufficient.

The value of P_U is given by:

$$P_U = P_{am} \times P_{EB} \times P_{LD} \times P_{TWS} \times C_{LD} \times r_t \quad (\text{B.10})$$

where

P_{am} depends on protection measures against touch voltages, such as physical restrictions or warning notices. Values of P_{am} are given in Table B.1;

P_{TWS} is the probability with which a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area;

NOTE 2 The purpose of a warning message created by a TWS is to ensure prompt and complete evacuation of the exposed area. If this evacuation is not ensured or a TWS is not provided or if the manufacturer does not declare the FTWR, $P_{TWS} = 1$ is assumed (see also IEC 62305-1:2024, 7.1 for restrictions of application of a TWS).

NOTE 3 Disconnection is an option that can be used in a case-by-case evaluation, taking care of voltage generated in absence of surge protection. Disconnection can be valid for surges coming from lines (either direct or induced). See 62305-1 for more details.

P_{LD} is the probability of failure of internal systems due to a flash to the connected line depending on the line characteristics. Values of P_{LD} are given in Table B.11 and Table B.12;

NOTE 4 Values of P_{LD} can be calculated with the following equations:

$$P_{LD} = P(I)$$

$$I = U_w / (4 \times R_s \times \sqrt{\rho \times 10^{-3}})$$

where

I is the peak current of positive and negative first strokes (kA);

R_s is the resistance per unit length of the sheath (Ω/km);

ρ is the soil resistivity ($\Omega \cdot \text{m}$).

P_{EB} depends on the equipotential bonding conforming to IEC 62305-3. Values of P_{EB} are reported in Table B.13;

NOTE 5 $P_{EB} = P_Q$

C_{LD} is a factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line. Values of C_{LD} are given in Table B.9;

r_t is the reduction factor as a function of the type of surface of soil or floor. Values of r_t are given in Table B.2.

NOTE 6 When SPD(s) according to IEC 62305-3 are provided for equipotential bonding at the entrance of the line, earthing and bonding according to IEC 62305-4 can improve protection.

Table B.11 – Values of the probability P_{LD} depending on the resistance R_s of the cable screen and the impulse withstand voltage U_w of the equipment

Routing, shielding and bonding conditions		Withstand voltage U_w in kV							
		0,35	0,5	1	1,5	2,5	4	6	12
		P_{LD}							
Aerial or buried line, unshielded or shielded whose shield is not bonded to the same bonding bar as the equipment		1	1	1	1	1	1	1	1
Shielded aerial or buried, with shield bonded to the same bonding bar as the equipment	$5 \Omega/\text{km} < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	1	1	0,95	0,9	0,8	0,4
	$1 \Omega/\text{km} < R_s \leq 5 \Omega/\text{km}$	1	1	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1	0,02
	$R_s \leq 1 \Omega/\text{km}$	1	0,85	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02	0,005

Table B.12 – Values of the probability P_{LD} depending on the resistance R_S of the cable screen and the higher impulse withstand voltage U_W of the equipment

Routing, shielding and bonding conditions		Withstand voltage U_W in kV					
		16	20	40	60	75	95
		P_{LD}					
Aerial or buried line, unshielded or shielded whose shield is not bonded to the same bonding bar as the equipment		1	1	1	1	1	1
Shielded aerial or buried, with shield bonded to the same bonding bar as the equipment	$5 \Omega/\text{km} < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	0,3	0,15	0,03	0,01	0,007	0,005
	$1 \Omega/\text{km} < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,01	0,007	0,001 5	0,001	4×10^{-4}	2×10^{-4}
	$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,002	0,001 5	4×10^{-4}	$1,5 \times 10^{-4}$	10^{-4}	$0,7 \times 10^{-4}$

NOTE 7 In suburban and urban areas, an LV power line uses typically unshielded buried cable whereas a telecommunication line uses a buried shielded cable (with a minimum of 20 conductors, a shield resistance of $5 \Omega/\text{km}$, a copper wire diameter of 0,6 mm). In rural areas, an LV power line uses an unshielded aerial cable whereas a telecommunication line uses an aerial unshielded cable (copper wire diameter: 1 mm). An HV buried power line uses typically a shielded cable with a shield resistance in the order of $1 \Omega/\text{km}$ to $5 \Omega/\text{km}$. The information provided by this note can be improved after a more detailed investigation.

NOTE 8 Values lower than those reported in Table B.11 and Table B.12 can be assigned to probability P_{LD} where the shield of the line is bonded at both ends to the same earthing system.

Table B.13 – Typical values of probability P_{EB} relevant to protection level LPL for which the SPD is designed to protect against source of damage S3

LPL	Power lines kA 10/350 μs	Telecommunication lines kA 10/350 μs	P_{EB}
No SPDs			1
III to IV	5	1	0,05
II	7,5	1,5	0,02
I	10	2	0,01
NOTE For information on values of current and specific conditions, refer to IEC 62305-1:2024, Table E.1 and Table E.2.			

NOTE 9 Values of P_{EB} lower than in Table B.13 are possible if the values of I_{imp} and I_n for which SPDs are designed, are higher than those required for LPL I.

B.8 Probability P_V that a flash to a line will cause physical damage by fire or explosion

The values of probability P_V that a flash to a line entering the structure will cause physical damage by fire or explosion, depend on the characteristics of the line shield, the impulse withstand voltage of internal systems connected to the line and the isolating interfaces or the SPDs provided for equipotential bonding at the entrance of the line according to IEC 62305-3.

NOTE 1 A coordinated SPD system according to IEC 62305-4 is not necessary to reduce P_V ; in this case, SPDs according to IEC 62305-3 are sufficient.

The value of P_V is given by:

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times P_{TWS} \times C_{LD} \times r_f \times r_p \quad (\text{B.11})$$

where

P_{LD} is the probability of failure of internal systems due to a flash to the connected line depending on the line characteristics. Values of P_{LD} are given in Table B.11 and Table B.12;

P_{TWS} is the probability with which a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area;

NOTE 2 The purpose of a warning message created by a TWS is to ensure prompt and complete evacuation of the exposed area. If this evacuation is not ensured or a TWS is not provided or if the manufacturer does not declare the FTWR, $P_{TWS} = 1$ is assumed (see also IEC 62305-1:2024, 7.1 for restrictions of application of a TWS).

NOTE 3 Disconnection is an option that can be used in a case-by-case evaluation, taking care of voltage generated in absence of surge protection. Disconnection can be valid for surges coming from lines (either direct or induced). See IEC 62305-1 for more details.

P_{EB} depends on the equipotential bonding conforming to IEC 62305-3; values of P_{EB} are reported in Table B.13;

C_{LD} is a factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line. Values of C_{LD} are given in Table B.9;

r_p is the reduction factor as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire. Values of r_p are given in Table B.5;

r_f is the reduction factor as a function of risk of fire or explosion of structure. Values of r_f are given in Table B.6.

NOTE 4 When a direct strike occurs on an external buried service it can damage the service (mechanical damage, fire, etc.) or create punctures on many places along the cable leading to long term degradation (corrosion for example). These damages are outside the scope of this document that is considering only the influence of the services to the studied structure.

B.9 Probability P_W that a flash to a line will cause failure of internal systems

The values of probability P_W that a flash to a line entering the structure will cause a failure of internal systems depend on the characteristics of line shielding, the impulse withstand voltage of internal systems connected to the line and the isolating interfaces or the coordinated SPD system installed.

The value of P_W is given by:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{TWS} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.12})$$

where

P_{SPD} depends on the coordinated SPD system. Values of P_{SPD} are reported in Table B.7 and Table B.8;

P_{TWS} is the probability with which a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area;

NOTE The purpose of a warning message created by a TWS is to ensure prompt and complete evacuation of the exposed area. If this evacuation is not ensured or a TWS is not provided or if the manufacturer does not declare the FTWR, $P_{TWS} = 1$ is assumed (see also IEC 62305-1:2024, 7.1 for restrictions of application of a TWS).

P_{LD} is the probability of failure of internal systems due to a flash to the connected line depending on the line characteristics. Values of P_{LD} are given in Table B.11 and Table B.12;

C_{LD} is a factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line. Values of C_{LD} are given in Table B.9.

B.10 Probability P_Z that a lightning flash near an incoming line will cause failure of internal systems

The values of probability P_Z that a lightning flash near a line entering the structure will cause a failure of internal systems depend on the characteristics of the line shield and the isolating interfaces or the coordinated SPD system provided.

The value of P_Z is given by:

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{TWS} \times C_{LI} \quad (B.13)$$

where

P_{SPD} depends on the coordinated SPD system. Values of P_{SPD} are reported in Table B.7 and in Table B.8;

P_{TWS} is the probability with which a thunderstorm warning system (TWS) does not detect a lightning-related event in the target area;

NOTE If a TWS creates a warning message, it is considered effective only if immediate and complete disconnection of the external distribution lines is ensured. If this disconnection is not ensured or a TWS is not provided $P_{TWS} = 1$ can be assumed.

C_{LI} is a factor depending on shielding, grounding and isolation conditions of the line. Values of C_{LI} are given in Table B.9.

B.11 Probability P_P that a person will be in a dangerous place

The probability P_P that a person will be in a dangerous place depends on the time t_z in hours per year for which the persons are present in the dangerous place:

$$P_P = t_z / 8\,760 \quad (B.14)$$

NOTE 1 Where the value of t_z is not known, the ratio $t_z/8\,760 = 1$.

NOTE 2 In cases where a TWS allows a temporary evacuation of an area, t_z is multiplied by P_{TWS} .

B.12 Probability P_e that an equipment will be exposed to a damaging event

The probability P_e that an undamaged equipment is exposed to a damaging event depends on the time t_e in hours per year of exposure of the equipment to the damaging event.

$$P_e = t_e / 8\,760 \quad (\text{B.15})$$

NOTE 1 Where the value of t_e is not known, the ratio $t_e/8\,760 = 1$.

NOTE 2 In case of an explosive zone P_e can be calculated as $P_e = (t_e / 8\,760) \times r_f$ (r_f being related to the maximum presence of explosive atmosphere time divided by 8 760) when calculating risk components. This does not apply for the calculation of frequency of damage where only P_e is used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

Annex C (informative)

Assessment of loss L_X

C.1 General

L_X represents the mean extent of loss due to a dangerous event, expressed in a relative way related to the maximum extent of loss in the considered risk zone of the structure to be protected.

The values of L_X should be selected on the basis of the type of structure according to its function or contents, or both, the public impact of loss of structure (e.g. costs of emergency measures to limit the damage, the costs resulting from loss of the structure and production, the costs of reconstruction and in the general costs that the public has to bear).

The values of loss L_X should be evaluated and fixed by the lightning protection designer (or the owner of the structure). The mean values of loss L_X in a structure given in this Annex C are typical values. Different values can be assigned after detailed investigation.

NOTE 1 When the damage to a structure due to lightning can also involve surrounding structures or the environment (e.g. fire propagation, explosion, chemical or radioactive emissions), a more detailed evaluation of L_X taking into account this additional loss can be performed. See Annex E.

NOTE 2 It is rare that loss of human life is not considered at all because most of the structures are staffed (at least for some periods of time, for example a maintenance team or security personnel). Other structures have almost permanent presence of human life such as national heritage or office building having employees and visitors.

It is emphasized that the overall risk for a given structure or application most often consists of a combination of risk components. However, to only calculate the risk of loss of human life (including permanent injury), then one or both of the following mean relative losses can be fixed equal to 0:

L_{F2} is the typical mean ratio of physical damage by fire or explosion;

L_{O2} is the typical mean ratio of physical damage by failure of internal systems.

In the same way, to only calculate the risk assuming there is no risk of loss of human life (including permanent injury) it is then possible to fix one or more of the following mean relative losses equal to 0:

L_T is the typical mean ratio of persons injured by touch and step voltages;

L_D is the typical mean ratio of persons injured by direct lightning stroke;

L_{F1} is the typical mean ratio of persons injured by fire or explosion;

L_{O1} is the typical mean ratio of persons injured by failure of internal systems;

And other parameters are calculated taking into account the application.

C.2 Mean relative loss per dangerous event

The loss L_X refers to the mean relative extent of a specified type of loss for one dangerous event caused by a lightning flash, considering both its extent and effects.

The loss value L_X varies with the cause of damage (D_{1D} , D_{1T} , D_2 and D_3).

The loss L_X should be determined for each risk zone of the structure into which it is divided or the structure as a whole.

The loss value L_X for each risk zone or the structure can be determined according to Table C.1 and Table C.2.

Table C.1 – Loss values for each zone

Typical loss
$L_{AT} = L_{UT} = L_T$
$L_{AD} = L_D$
$L_{B1} = L_{V1} = L_{F1}$
$L_{B2} = L_{V2} = L_{F2}$
$L_{C1} = L_{M1} = L_{W1} = L_{Z1} = L_{O1}$
$L_{C2} = L_{M2} = L_{W2} = L_{Z2} = L_{O2}$

where

- L_T is the typical mean ratio of persons injured by touch and step voltages related to the total number of persons in the risk zone or the structure, due to one dangerous event (see Table C.2);
- L_D is the typical mean ratio of persons injured by direct lightning stroke related to the total number of persons exposed in the risk zone or the structure, due to one dangerous event (see Table C.2);
- L_{F1} is the typical mean ratio of persons injured by fire or explosion related to the total number of persons in the risk zone or the structure, due to one dangerous event (see Table C.2);
- L_{F2} is the typical mean ratio of physical damage by fire or explosion related to the maximum extent of damage in the risk zone or the structure, due to one dangerous event (see Table C.2);
- L_{O1} is the typical mean ratio of persons injured by failure of internal systems related to the total number of persons in the risk zone or the structure, due to one dangerous event (see Table C.2);
- L_{O2} is the typical mean ratio of physical damage by failure of internal systems related to the maximum extent of damage in the risk zone or the structure, due to one dangerous event (see Table C.2).

NOTE 1 The typical mean value of the loss can be seen as the average value of the loss due to a dangerous event causing damages.

NOTE 2 Regarding L_{F1} or L_{O1} and L_{F2} or L_{O2} the levels of loss can be different for people and structure and this means that for example for a hospital, L_{F1} can be selected in the first row and L_{F2} in the second row of Table C.2 and vice versa for a museum.

NOTE 3 It is possible to use $L_{F1} = L_{F2}$ by selecting the highest value of both proposed values in Table C.2.

NOTE 4 L_T , L_D , L_{F1} , L_{O1} refer to human beings and L_{F2} and L_{O2} refer to structures and internal systems.

Table C.2 – Typical mean values of L_T , L_D , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} and L_{O2}

Type of structures or risk zones	L_T	L_D	L_{F1}	L_{F2}	L_{O1}	L_{O2}
Very high loss or highly critical structures or risk zones ^a	10^{-2}	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-2} - 2 \times 10^{-1}$	$10^{-2} - 2 \times 10^{-1}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-3} - 10^{-2}$
High loss or critical structures or risk zones ^b			$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-3}$
Normal loss structures or risk zones ^c			$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$	$10^{-5} - 5 \times 10^{-4} e$	$10^{-5} - 5 \times 10^{-4} e$
Low-loss structures or risk zones ^d			$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$	$10^{-5} - 10^{-4} e$	$10^{-5} - 10^{-4} e$

^a Such as structures or risk zones with a risk of explosion, structures or risk zones with life-saving electrical equipment or other structures when failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment (e.g. operating rooms and intensive care units in hospitals).

^b Such as structures or risk zones related to people with reduced mobility (e.g. rooms block in hospitals, prisons), structures or risk zones with essential equipment for carrying out processes (e.g. control room in industrial structures, power station, telecommunication centre), structures or risk zones with cultural heritage (e.g. museum).

^c Such as structures open to the public (e.g. churches, hotels, schools, offices, civic building open to public, public entertainment, supermarkets).

^d Such as buildings in private ownership (e.g. apartment house, farmhouse).

^e This is only applicable when risk of explosion or when failure of internal systems involve injury to human beings or danger to the environment (e.g. equipment failure by a surge leading to release of polluted water to the river or when an equipment fire created by a surge can propagate to the structure when there are PV systems or DC voltages). In general structure or risk zone with such a risk are classified very high loss or high loss.

A more detailed evaluation can be necessary for the values for loss (L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} , L_{O2}). The highest values for losses given in Table C.2 are recommended as default values. Other values can be used based on a specific study or experience especially if lower values than the proposed minimum values given in Table C.2 are used.

When the damage to a structure due to lightning involves surrounding structures or the environment (e.g. explosion, chemical or radioactive emissions), additional loss L_E should be taken into account to evaluate the total loss (L_{BT} and L_{VT}).

$$L_{BT} = L_B + L_E \quad (C.1)$$

$$L_{VT} = L_V + L_E \quad (C.2)$$

where L_E is the typical mean ratio of loss outside the structure related to the maximum extent of loss in the zone, due to one dangerous event.

NOTE 5 L_E can be evaluated using Annex E.

NOTE 6 Environmental influences can also be considered, if they are treated as a separate zone.

Annex D (informative)

P_{SPD} evaluation

D.1 General

Values given in Table B.7 and Table B.8 apply for common cases. Values of P_{SPD} based on a more detailed analysis can be determined based on this Annex D.

This Annex D shows how the probability factor P_{SPD} of a coordinated SPD system can be determined. It is intended for specific applications when P_{SPD} values other than those given in Table B.7 and Table B.8 are used.

The evaluation of the P_{SPD} values against the different sources of damage (i.e. S1, S2, S3 and S4) is done through graphics, obtained by a calculation tool taking into account the propagation effect in the circuit between the SPD and the equipment to be protected, the induced voltage in this circuit and the voltage drop in the SPD connecting leads.

The graphics refer to typical installations and the defined rated impulse voltage of the equipment, i.e. 2,5 kV for power port and 1,5 kV for signal port of an equipment. It provides a guidance on how to obtain P_{SPD} for other cases using a similar method.

The probability P_{χ} of protection measures to reduce the failure of internal systems depends on the probability P_{SPD} of a coordinated SPD system.

Failure of an equipment protected by an SPD system can occur either if:

- a) the charge associated to the current I_{SPD} flowing through the SPD exceeds the value tolerated by the SPD or
- b) the protection voltage U_p exceeds the required protection level U_{pr} of the SPD to limit the overvoltage value at the equipment input to a value not greater than the equipment impulse rated voltage (U_w).

The probability that an overvoltage will not damage an equipment protected by a coordinated SPD system is the probability that both conditions (a) and (b) will not occur.

Being:

- P_Q : probability associated with the source of damage causing the current described in condition (a);
- P_{Up} : probability associated with the source of damage causing the condition (b).

Then the probability P_{SPD} is given by:

$$P_{\text{SPD}} = 1 - (1 - P_Q) \times (1 - P_{Up}) \quad (\text{D.1})$$

The probability P_{SPD} can be simplified as follows when referring the probability P_Q to positive and negative first strokes and the probability P_{Up} to the subsequent strokes of negative flashes (worst case) and when P_Q and P_{Up} are much less than 1:

$$P_{SPD} = P_Q + 0,9 \times P_{Up} \quad (D.2)$$

D.2 P_Q values

D.2.1 Probability values of both the negative and positive first strokes

The probability values of the charge can be calculated using the log-normal distributions of the charge of both negative first short (P_{Q-} , mean $m = 4,69$ and dispersion $\sigma = 0,383$) and positive first short (P_{Q+} , mean $m = 17,3$, dispersion $\sigma = 0,57$), given in IEC 62305-1:2024, Annex A, and combining the probabilities associated with a given charge value considering that 90 % of flashes are negative and 10 % positive. This (P_Q) calculation is reported in Figure D.1.

D.2.2 Source of damage S1

According to IEC 62305-1:2024, Annex E, the charge of the source of damage S1 causing the impulse current I_{imp} in the SPD can be calculated as follows:

$$Q = I_{imp} \times n \times n' / k_e \quad (D.3)$$

where

$$k_e = n' \times R_s / (n' \times R_s + R_c);$$

n is the number of services entering the structure;

n' is the number of conductors of the considered service;

R_s is the shield resistance per unit length of the shielded service;

R_c is the conductor resistance per unit length of the service.

$k_e = 1$ for unshielded conductors.

The value of the charge given by Equation (D.3) is used for reading, in Figure D.1, the probability P_Q of the impulse current I_{imp} of the SPD.

EXAMPLE $n = 2$ services and $n' = 4$ unshielded conductors, $I_{imp} = 10$ kA, Equation (D.3) gives $Q = 80$ C and $P_Q = 0,012$ can be estimated in Figure D.1, whereas when $n = 1$, for the same 10 kA current, Equation (D.3) gives $Q = 40$ C and $P_Q = 0,033$ can be estimated in Figure D.1.

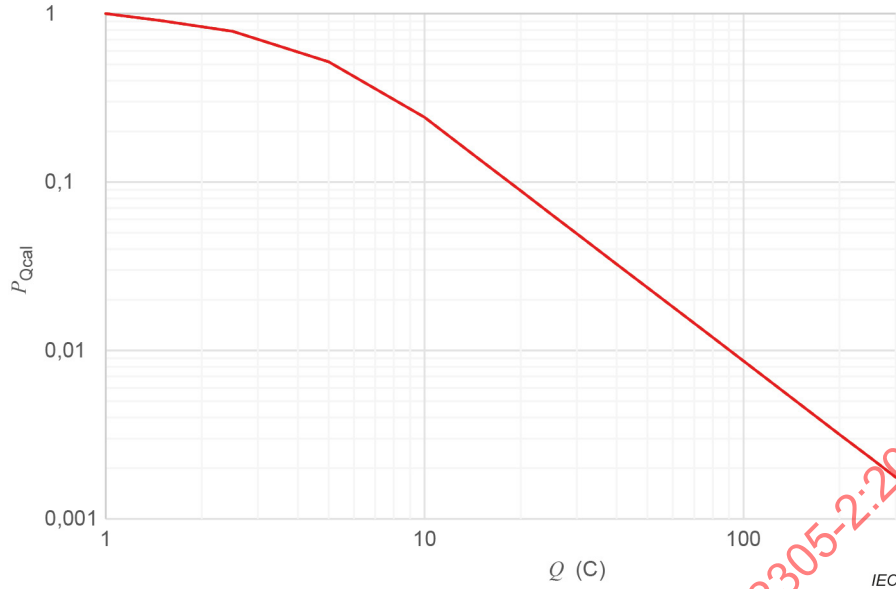


Figure D.1 – Charge probability of both negative and positive first strokes

D.2.3 Source of damage S3

According to IEC 62305-1:2024, Annex E, the charge of the source of damage S3 causing the impulse current I_{imp} in the SPD can be calculated as follows:

$$Q = 2,5 \times n' \times I_{\text{imp}} / k_e \quad (\text{D.4})$$

The value of the charge given by Equation (D.4) is used for reading, in Figure D.1, the probability P_Q of the impulse current I_{imp} of the SPD.

EXAMPLE 1 $n' = 2$ unshielded conductors. For a power line when $I_{\text{imp}} = 10$ kA, Equation (D.4) gives $Q = 50$ C and then Figure D.1 gives $P_{Q1} = 0,024$. For a telecommunication line when $I_{\text{imp}} = 2,5$ kA, Equation (D.4) gives $Q = 12,5$ C and then Figure D.1 gives $P_Q = 0,175$.

For the specific case where a 2-conductor telecommunication line (one pair) it is usual (called hereafter "traditional telecommunication line") that the length (l_1) of the 2 conductors' section that enters the structure is about 10 % of the total length (typically about 4 km to 5 km of total length), where the other sections are composed by many pairs, e.g. some hundred pairs. In this case, the probability P_Q value can be specifically evaluated referring to the two conductors' section as follows:

$$P_Q = 0,1 \times P_{Q1} \quad (\text{D.5})$$

where P_{Q1} is the probability of the charge given by Equation (D.4).

EXAMPLE 2 $n' = 2$ unshielded conductors. For a traditional telecommunication line, when $I_{\text{imp}} = 1$ kA, Equation (D.4) gives $Q = 5$ C and Figure D.1 gives $P_{Q1} = 0,52$ and then it is possible to use Equation (D.5) that gives $P_Q = 0,052$.

D.2.4 Sources of damage S2 and S4

According to the induced current values due to source of damage S2 or S4 given in Table B.7 and Table B.8 or in IEC 62305-1:2024, Table E.2 and Table E.3, considering that the SPDs typically used have a nominal discharge current values $I_n = 5$ kA, the probability P_{QM} and P_{QZ} values are about 10^{-4} to 10^{-5} (almost negligible).

D.3 SPD protection level

D.3.1 General

For the purpose of this document, voltage switching and voltage limiting SPDs are defined as follows:

- voltage switching 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;
- voltage limiting SPD: SPD that has a high impedance when no surge is present, but will reduce it continuously with increased surge current and voltage.

D.3.2 Source of damage S1

D.3.2.1 One voltage limiting SPD

P_{Up} value is obtained for a current of 1 kA (due to the fact that P_{Up} relates to subsequent strokes) and the residual voltage at 1 kA is called U_p' hereafter.

NOTE 1 This value can be obtained from the SPD datasheet or, if not available, a common approximation is to take the residual voltage at 5 kA and reduce it by 200 V.

The P_{Up} values as a function of the residual voltage at 1 kA (U_p') are reported in Figure D.2 for different k_{1i} parameter values, when $U_w = 2,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $n \times n' \geq 8$ and $k_r > 1$.

where

$$k_{1i} = w \times k_c \times l_{eq} / d;$$

$$l_{eq} = l_v + k_o \times l_o \text{ [m] (see IEC 62305-4:2024, Annex H);}$$

l_v and l_o are the lengths (m) of the induction loop between the SPD and the equipment parallel and orthogonal to the down conductors respectively;

$$l_o' = k_o \times l_o = [l_o \times w \times \ln(d + l_o) / d] / [l_o \times \ln(d + w) / d] \text{ [m];}$$

w is the width (m) of the internal system;

k_c is the current sharing between down conductors;

d is the distance (m) of the induction loop from the nearest down conductor;

k_r is the reflection coefficient;

k_o is the ratio between the induced voltage in a loop orthogonal and parallel to the down conductor.

NOTE 2 According to Table B.10, a shielded cable can be represented by $w = 0,000\ 05$ m.

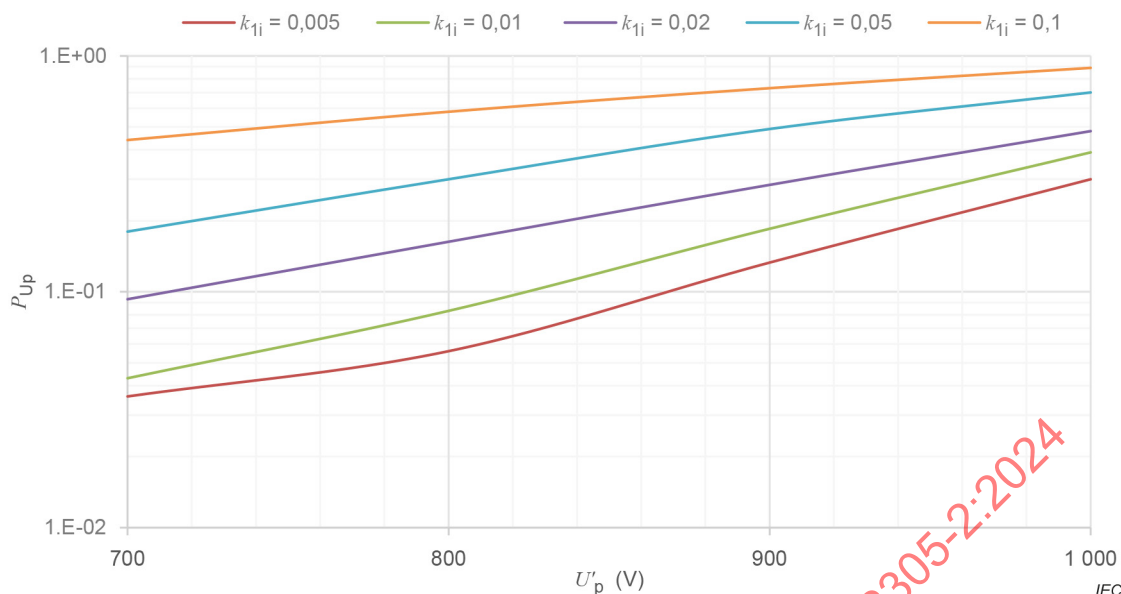


Figure D.2 – Probability P_{U_p} as a function of the SPD residual voltage U'_p at 1 kA

EXAMPLE $n = 2$, $n' = 4$, $w = 0,005$ m, $k_c = 0,44$, $d = 1$ m, $l_v = 6$ m, $l_o = 44$ m, $l_c = 0,5$ m, $U_w = 2,5$ kV. In this case, $l'_o = 3,8$ m, $l_{eq} = 9,8$ m, $k_{1i} = 0,02$, selecting a voltage limiting SPD with $U'_p = 900$ V, Figure D.2 indicates $P_{U_p} \approx 0,3$.

D.3.2.2 One voltage switching SPD

The voltage switching SPDs are typically used on telecommunication lines at the entrance of the structure and typical protection levels of gas discharge tubes (GDT) are 700 V or 550 V.

Figure D.3 shows the P_{U_p} values as a function of different k_{1i} parameter values for the two typical U_p values of GDTs, i.e. 700 V and 550 V, when $U_w = 1,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $k_r > 1$, $n' \geq 20$ conductors.

NOTE U_p values refer to 1 kV/ μ s (see IEC 61643-21).

EXAMPLE $n = 2$, $n' = 20$, $w = 0,1$ m, $k_c = 0,1$, $d = 2$ m, $l_v = 5$ m, $l_o = 21$ m, $l_c = 0,5$ m, $U_w = 1,5$ kV. In this case, $l_{eq} = 10$ m, $k_{1i} = 0,05$, and selecting a voltage switching SPD with $U_p = 550$ V, Figure D.3 indicates $P_{U_p} \approx 0,3$.

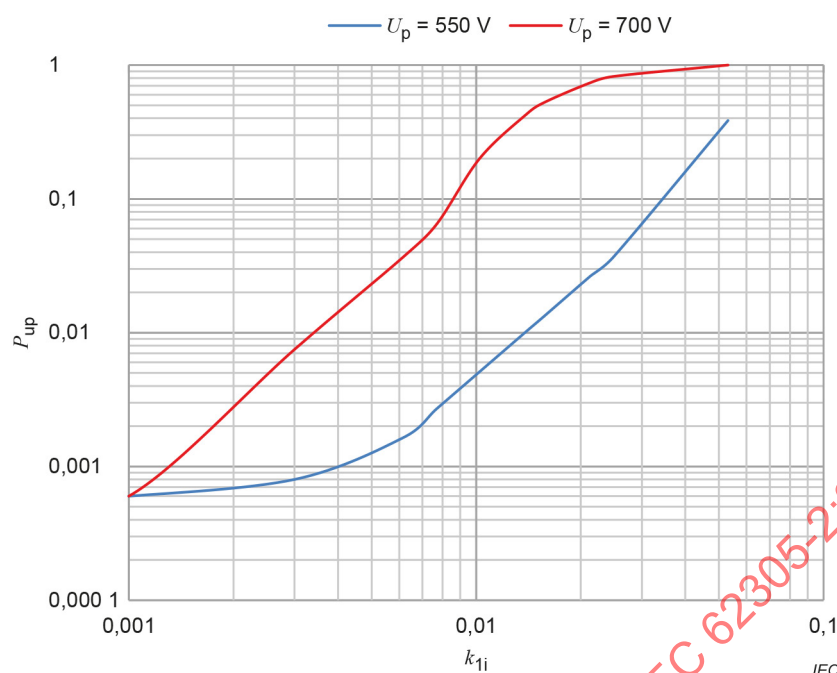


Figure D.3 – Probability P_{Up} as a function of k_{1i}

D.3.2.3 Combination of voltage limiting SPD and voltage switching SPD

When power is distributed according to the TT system, an SPD tested according to Class I tests can be installed upstream of the RCD. But in this case, protection against direct contact requires the installation of a voltage switching SPD between neutral and PE conductors (N-PE) in addition to voltage limiting SPDs between phase(s) and neutral conductors. In this case, it is possible to assume that the P_{Up} value is the greater value between that related to limiting or voltage switching SPDs.

Referring to typical installations where $U_w = 2,5$ kV and $U_p = 1,5$ kV of the voltage switching SPD, protection with one SPD can be achieved only when $k_r = 1$, i.e. when the distance of the SPD from the equipment to be protected is less than 10 m and damage to the equipment does not cause danger to persons. In this case, the P_{Up} value is that related to the voltage limiting SPD; the P_{Up} values for a typical installation are reported in Table D.1 as a function of the protection level at 1 kA of the voltage limiting SPD.

Table D.1 – P_{Up} values of the voltage limiting SPD for combination between a voltage limiting and a voltage switching SPD

n	n'	w m	d m	L_v m	L_o m	L_a m	k_c	k_r	U_p' kV	P_{Up}
2	4	0,005	1	2	8	10	0,44	1	0,8	0,005
									1	0,007
									1,2	0,009
When $w = 0,1$ m, P_{Up} values should be multiplied by a factor 60.										

When $k_r > 1$, a second SPD voltage limiting SPD shall be installed for protecting the equipment power port.

D.3.2.4 Two voltage limiting SPDs

When the necessary P_{SPD} cannot be achieved by only one SPD at the entrance of the service into the structure, a second voltage limiting SPD (SPD2), which can withstand a charge coordinated with the charge of the first SPD, should be installed.

The P_{SPD} of this coordinated SPD system is obtained adding the P_Q of the first SPD and the P_{Up} of the second SPD according to Equation (D.2).

These P_{Up} values as a function of the protection level at 1 kA (U_p') of SPD2 are reported in Figure D.4 for different k_{1i} parameter values, when $U_w = 2,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $n \times n' \geq 8$ and $k_r > 1$.

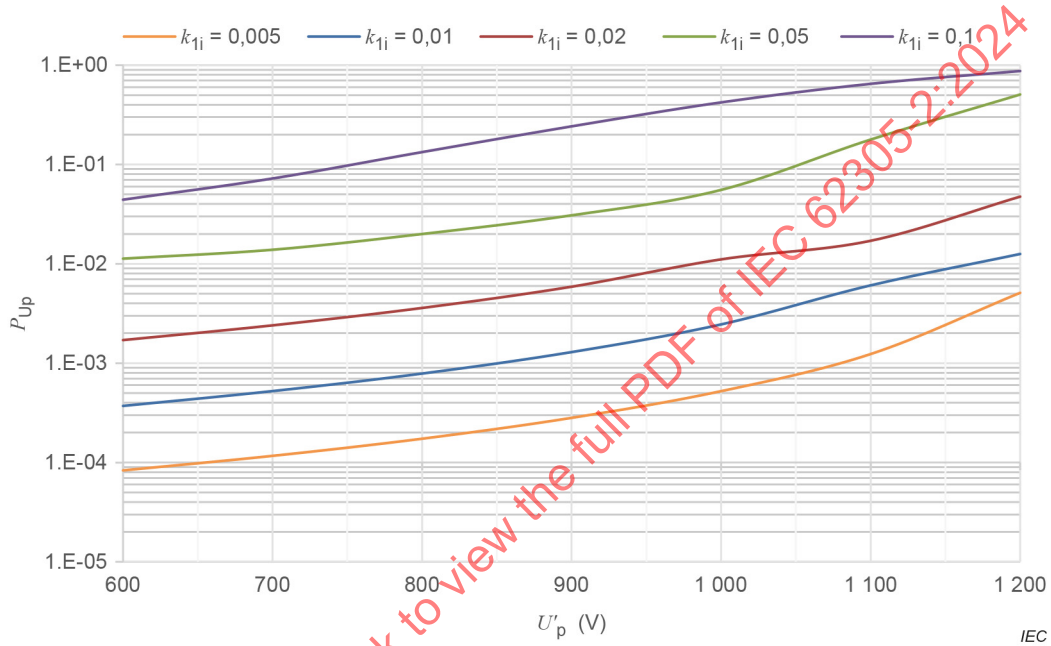


Figure D.4 – Probability P_{Up} as a function of the SPD2 residual voltage U_p' at 1 kA

D.3.2.5 Two SPDs: one voltage switching SPD and one voltage limiting SPD

When the required P_{SPD} cannot be achieved by only one voltage switching SPD at the entrance of the service into the structure, a second voltage limiting SPD (SPD2), which can withstand a charge coordinated with the charge of the first SPD, shall be installed.

The P_{SPD} of this coordinated SPD system is obtained adding the P_Q of the first SPD and the P_{Up} of the second SPD according to Equation (D.2).

These P_{Up} values as a function of the residual voltage at 1 kA (U_p') of SPD2 are reported in Figure D.5 for different k_{1i} parameter values, when $U_w = 1,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $n \times n' \geq 8$ and $k_r > 1$.

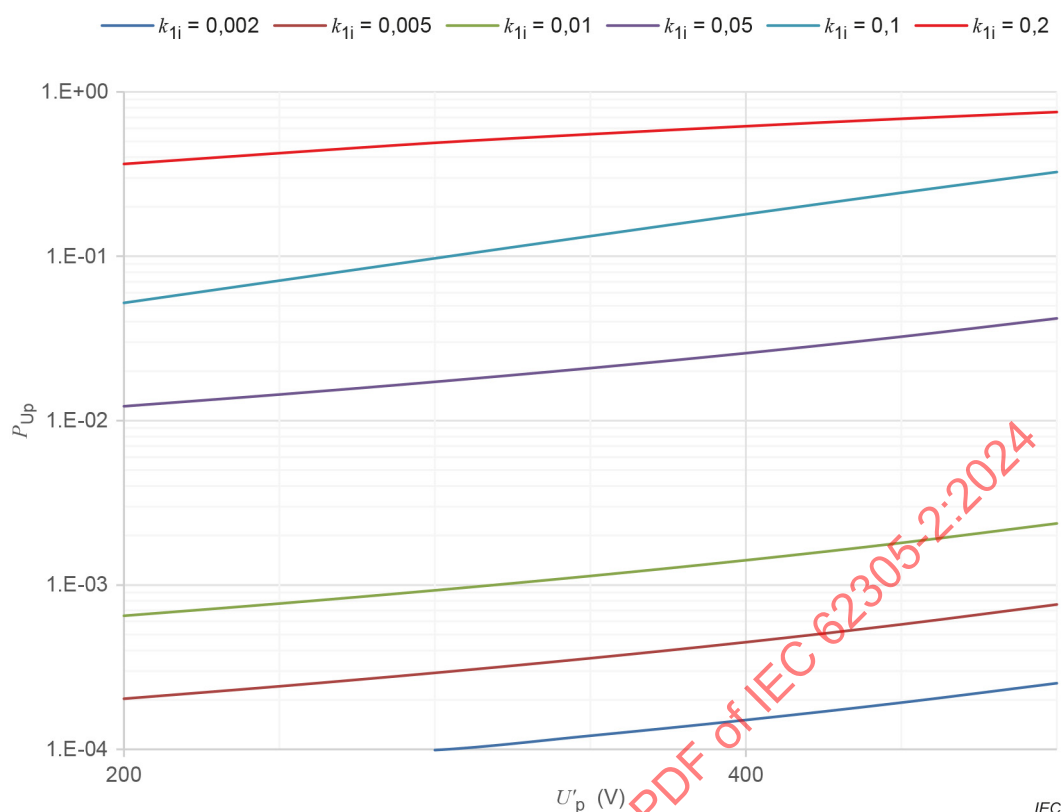


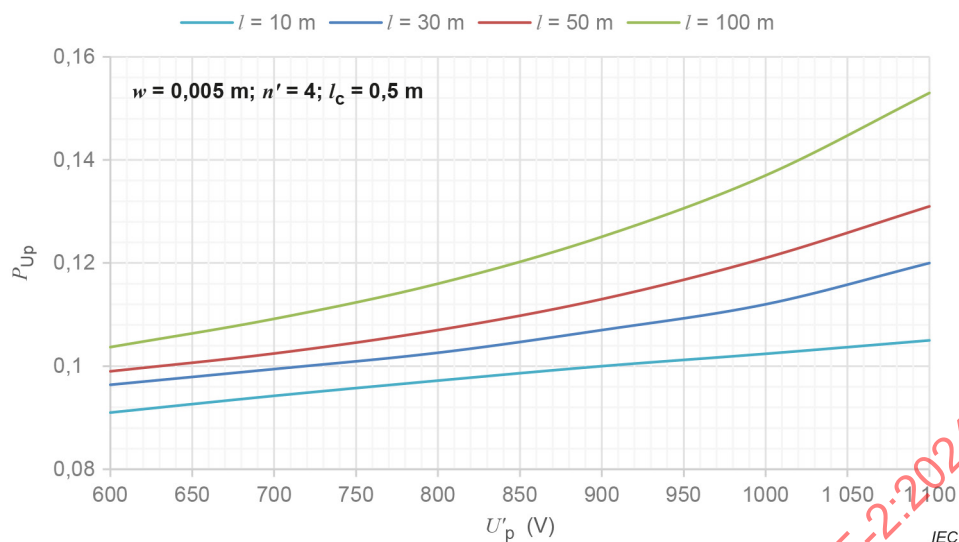
Figure D.5 – Probability P_{Up} as a function of the SPD2 residual voltage U_p' at 1 kA

D.3.3 Source of damage S3

D.3.3.1 One voltage limiting SPD

The P_{Up} values as a function of the residual voltage at 1 kA (U_p') are reported in Figure D.6 for different internal installation length values (l), when $U_w = 2,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $n' = 4$, $k_r > 1$, $w = 0,005$ m and external line length l_1 is equal to 500 m.

EXAMPLE $n' = 4$, $w = 0,1$ m, $l_v = 20$ m, $l_o = 80$ m, $l = 100$ m, $l_c = 0,5$ m, $U_w = 2,5$ kV. Selecting a voltage limiting SPD with $U_p' = 900$ V, Figure D.6 indicates $P_{Up} \approx 0,125$ when $w = 0,005$ m and $n' = 4$ conductors. However, Note 3 in Figure D.6 indicates that this value is multiplied by 1,4 when $w = 0,1$ m, then $P_{Up} \approx 0,125 \times 1,4 = 0,175$.



NOTE 1 For other line external lengths (l_1), the P_{Up} values are multiplied by the factor $500/l_1$.

NOTE 2 When $n' = 2$, the P_{Up} values are multiplied by 1,4 (approximate values).

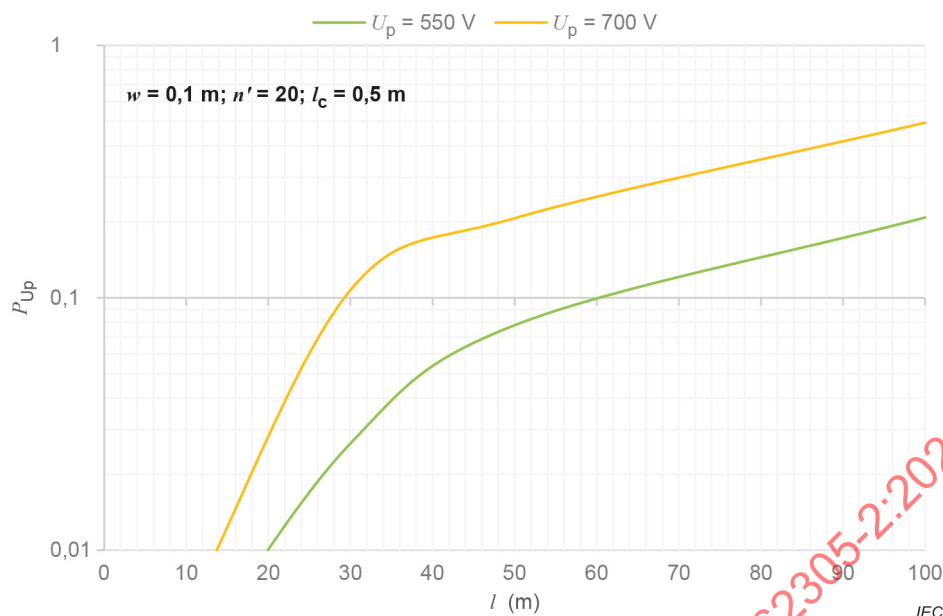
NOTE 3 When $w = 0,1$ m, the P_{Up} values are multiplied by 1,4 (approximate values).

Figure D.6 – Probability P_{Up} as a function of the residual voltage at 1 kA (U'_p)

D.3.3.2 One voltage switching SPD

The P_{Up} values as a function of different internal installation length values (l), for two typical protection levels of GDTs, when $U_w = 1,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $w = 0,1$ m, $k_r > 1$ and external line length $l_1 = 500$ m, are reported in Figure D.7 when $n' = 20$ conductors and in Figure D.8 when $n' = 2$ conductors.

NOTE The internal length of the circuit has been assumed to be 20 % vertical and 80 % horizontal (e.g. $l = 30$ m is composed by 6 m vertical and 24 m horizontal).

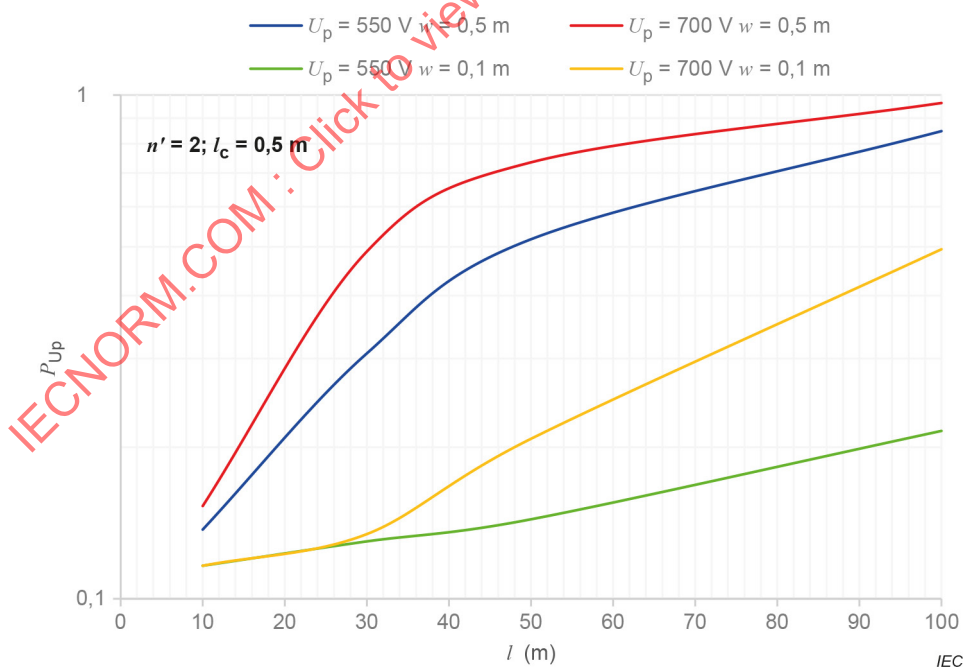


NOTE 1 For other external line lengths (l_1), the P_{Up} values are multiplied by the factor $500/l_1$.

NOTE 2 When $w = 0.005$ m and $n' = 20$, the approximate P_{Up} value is 0.0034 for $l_1 = 500$ m for both U_p values (550 V and 700 V). This value does not change significantly when the internal installation is shielded.

Figure D.7 – Probability P_{Up} as a function of different lengths of the internal circuit

EXAMPLE 2 unshielded conductors, 500 m external line length, $U_w = 1.5$ kV, $l_c = 0.5$ m, $w = 0.1$ m and $l = 30$ m. Installing GDTs with $U_p = 550$ V, Figure D.8 indicates $P_{Up} = 0.134$.



NOTE 1 For other external line lengths (l_1), the P_{Up} values are multiplied by the factor $500/l_1$.

NOTE 2 When $w = 0.5$ m and $n' = 20$, the P_{Up} values do not change significantly.

NOTE 3 When $w = 0.005$ m and $n' = 2$, the approximate P_{Up} value is 0.12 for $l_1 = 500$ m and for both U_p values (550 V and 700 V). This value does not change significantly when the internal installation is shielded.

Figure D.8 – Probability P_{Up} as a function of different lengths of the internal circuit

D.3.3.3 Limiting type SPD and voltage switching SPD

When power is distributed according to the TT system, an SPD tested according to Class I tests can be installed upstream of the RCD. But in this case, protection against direct contact requires the installation of a voltage switching SPD between neutral and PE conductors (N-PE) in addition to voltage limiting SPDs between phase(s) and neutral conductors. In this case, it is possible to assume that the P_{Up} value is the greater value between that related to limiting or voltage switching SPDs.

Referring to typical installations where $U_w = 2,5$ kV and $U_p = 1,5$ kV of the voltage switching SPD, protection with only one SPD can be achieved only when $k_r = 1$, i.e. when the distance of the SPD from the equipment to be protected is less than 10 m and damage to the equipment does not cause danger to persons. In this case, the P_{Up} value is that related to the voltage limiting SPD. In this case, the P_{Up} values for a typical installation are reported in Table D.2 as a function of the protection level at 1 kA of the voltage limiting SPD.

Table D.2 – P_{Up} values of the voltage limiting SPD

n'	w m	l_v m	l_o m	l m	k_r	U_p' kV	P_{Up}
4	0,1	2	8	10	1	0,8	0,05
						1	0,07
						1,2	0,1
When $w = 0,005$ m, P_{Up} values should be multiplied by a factor 0,8.							

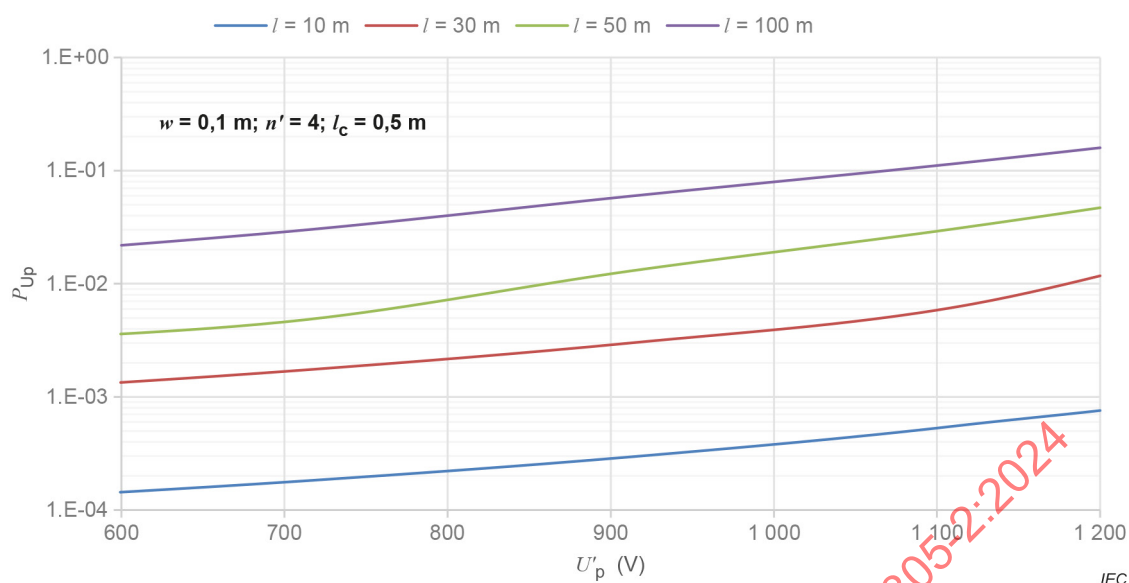
When $k_r > 1$, a second SPD voltage limiting SPD shall be installed for protecting the equipment power port.

D.3.3.4 Two voltage limiting SPDs

When the necessary P_{SPD} cannot be achieved by only one SPD at the entrance of the service into the structure, a second voltage limiting SPD (SPD2), which can withstand a charge coordinated with the charge of the first SPD, shall be installed.

The P_{SPD} of this coordinated SPD system is obtained adding the P_Q of the first SPD and the P_{Up} of the second SPD according to Equation (D.2).

These P_{Up} values as a function of the protection level at 1 kA (U_p') of SPD2 are reported in Figure D.9 for different internal installation lengths (l), when $U_w = 2,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $w = 0,1$ m, $n' = 4$ and $k_r > 1$.



NOTE 1 For other line external lengths (l_l), the P_{Up} values are multiplied by the factor $500/l_l$.

NOTE 2 When $n' = 2$, the P_{Up} values are multiplied by 1,4 (approximate values).

NOTE 3 When $w = 0,005$ m, the P_{Up} values become almost negligible.

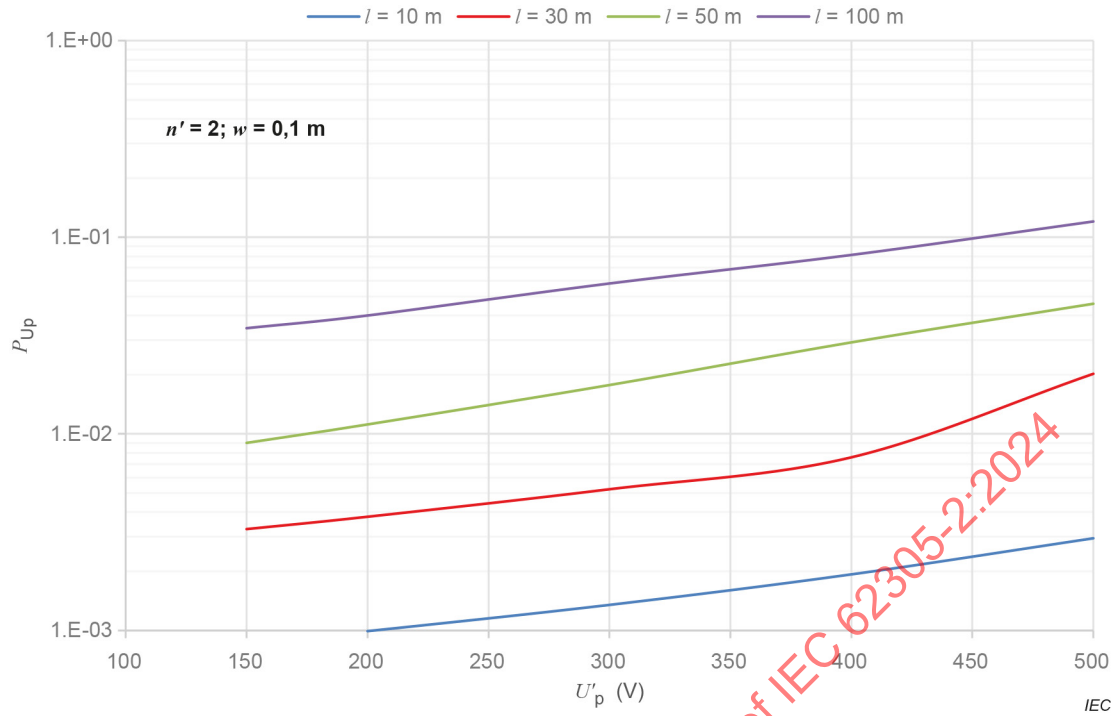
Figure D.9 – Probability P_{Up} as a function of the SPD2 residual voltage U'_p at 1 kA

D.3.4 Energy coordinated SPDs: One voltage switching SPD and one voltage limiting SPD downstream

When the necessary P_{SPD} cannot be achieved by only one SPD at the entrance of the service into the structure, a second voltage limiting SPD (SPD2), which can withstand a charge coordinated with the charge of the first SPD, shall be installed.

The P_{SPD} of this coordinated SPD system is obtained adding the P_Q of the first SPD and the P_{Up} of the second SPD according to Equation (D.2).

These P_{Up} values as a function of the protection level at 1 kA (U'_p) of SPD2 are reported in Figure D.10 for different internal installation lengths (l), when $U_w = 1,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $w = 0,1$, $n' = 2$ and $k_r > 1$, in Figure D.11 when $w = 0,5$ m with $n' = 2$ or 20 conductors and in Figure D.12 when $w = 0,1$ and $n' = 20$ conductors.

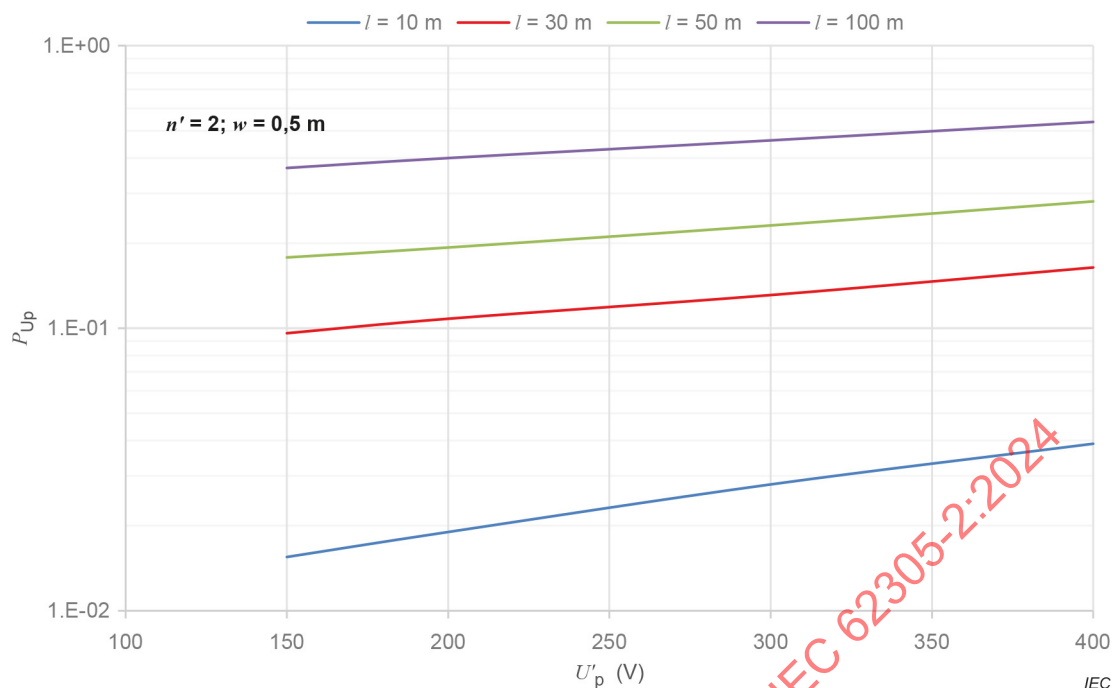


NOTE 1 For other external line lengths (l_i), the P_{U_p} values are multiplied by the factor $500/l_i$.

NOTE 2 When $n' = 4$, the P_{U_p} values are multiplied by 0,7 (approximate values).

NOTE 3 When $w = 0,005$ m and $n' = 2$, the P_{U_p} values become almost negligible ($P_{U_p} = 0,000 4$ when $U'_p = 400$ V and $P_{U_p} = 0,000 2$ when $U'_p = 200$ V for the maximum length of 100 m).

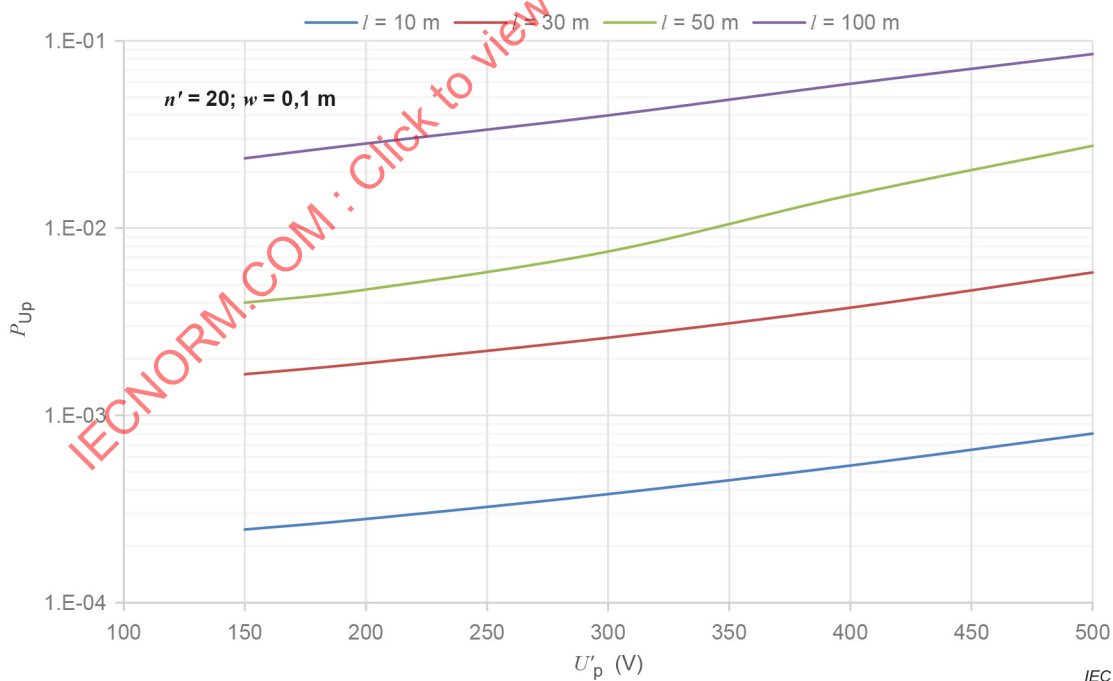
Figure D.10 – Probability P_{U_p} as a function of the internal loop area for $n' = 2$ and $w = 0,1$ m



NOTE 1 For other external line lengths (l), the P_{Up} values are multiplied by the factor $500/l$.

NOTE 2 Similar results to those shown in Figure D.11 can be obtained when $n' = 20$ with $w = 0,5$ m.

Figure D.11 – Probability P_{Up} as a function of the internal loop area for $n' = 2$ and $w = 0,5$ m



NOTE 1 For other line external lengths (l), the P_{Up} values are multiplied by the factor $500/l$.

NOTE 2 When $w = 0,005$ m, the P_{Up} values become negligible.

Figure D.12 – Probability P_{Up} as a function of the internal loop area for $n' = 20$ and $w = 0,1$ m

D.4 Source of damage S4

D.4.1 One voltage limiting SPD

The P_{Up} evaluation as a function of the protection level at 1 kA (U_p') is reported in Figure D.13 for a different internal loop area as a function of the protection level at 1 kA (U_p'), when $U_w = 2,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $n' = 4$ and k_r is almost equal to 1.

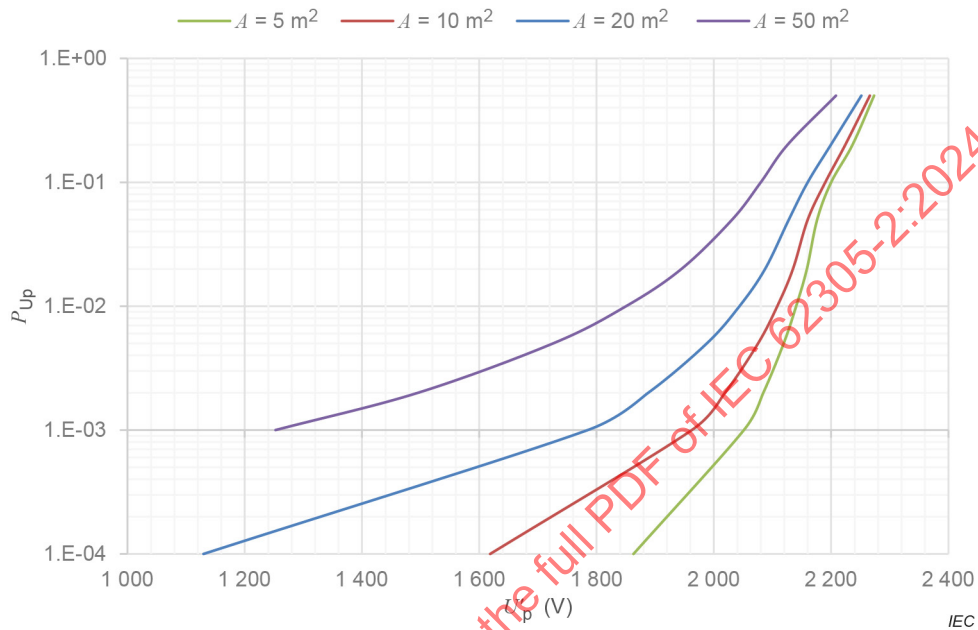


Figure D.13 – Probability P_{Up} as a function of the SPD protection level U_p' at 1 kA for different internal loop areas

EXAMPLE Figure D.13 shows that when $w = 0,1$ m and $l = 100$ m, the probability P_{Up} is about 0,000 1 when $U_p' = 1,6$ kV. An SPD tested according to Class II tests with $I_n = 5$ kA and $U_p' \leq 1,6$ kV offers a $P_{SPD} = 0,000$ 1 against source of damage S4.

D.4.2 One voltage switching SPD

The voltage switching SPD is typically used on telecommunication lines at the entrance of the structure and typical protection levels of GDTs are 700 V or 550 V.

Figure D.14 shows the P_{Up} evaluation as a function of a different internal loop area for the two typical U_p values of GDTs, i.e. 700 V and 550 V, when $U_w = 1,5$ kV, $l_c = 0,5$ m and $k_r > 1$.

EXAMPLE Figure D.14 shows that when $U_w = 1,5$ kV, $w = 0,5$ m and $l = 100$ m, the probability P_{Up} is about 0,004 when $U_p' = 0,7$ kV and $P_{Up} = 0,002$ when $U_p' = 0,55$ kV.

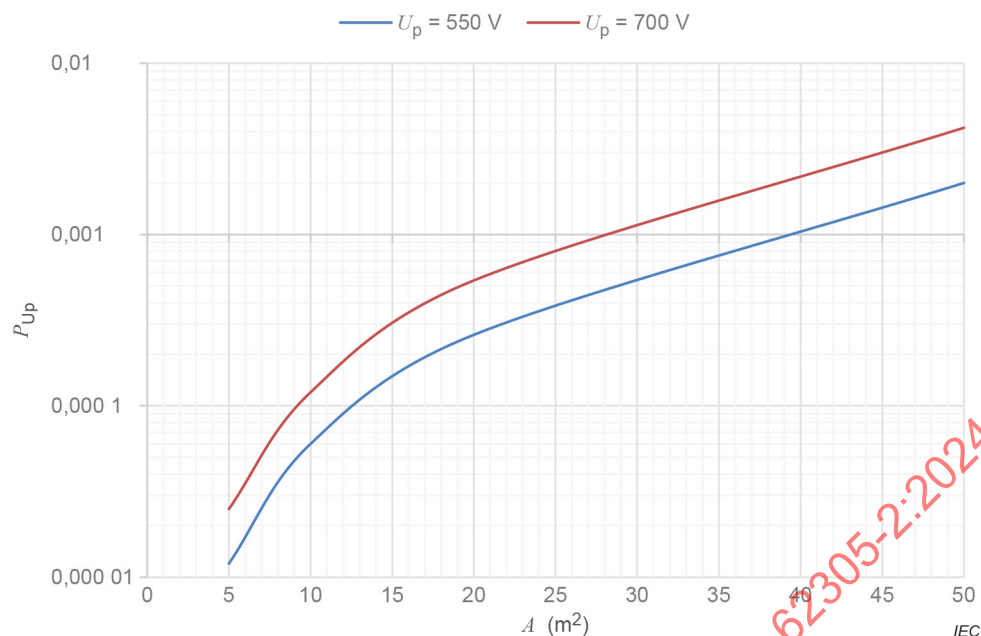


Figure D.14 – Probability P_{U_p} as a function of different internal loop areas for two typical protection levels of GDTs

D.5 Source of damage S2

An SPD installed at the far end of the internal loop, from the equipment to be protected, cannot protect the equipment because the induced voltage in the loop between the SPD and equipment is not reduced and it is equal to the rated impulse voltage of the equipment (U_w).

Protection can be achieved by installing a voltage limiting SPD closer to the equipment in order to reduce the induction loop dimensions. This SPD can even be a second SPD coordinated with the first one located at the far end from the equipment to be protected.

Defining $S = w \times l$ the original loop dimension (m²) and $S^* = w_1 \times l_1$ the loop dimensions (m²) between this SPD and the equipment, the P_{U_p} value is given by:

$$P_{U_p} = [S^*/(U_w - U_p)]^2$$

where

U (V) is the protection level U_p of the switching type SPD or the residual voltage at 1 kA (U_p') of a limiting type SPD.

The P_{U_p} values are the P_{SPD} values because the P_Q values are typically negligible when the nominal discharge current I_n is equal to or greater than 2,5 kA.

Annex E (informative)

Detailed investigation of additional losses L_E related to surroundings

E.1 General

This Annex E is intended for specific applications. For most of the structures there is no need to calculate an environmental risk, but when necessary, it is possible to use this Annex E as a guidance.

Annex E describes a simple method to take into account damages to a structure which can involve surrounding structures or the environment by defining an additional loss L_E . If it is necessary to investigate the damage to a surrounding structure or the environment in more detail, the following concept described in Annex E can be used for calculating the additional loss L_E . With this concept, the influence of different characteristics and conditions of the structure struck by lightning and its surroundings to the additional losses at these surroundings can be considered in a more accurate way.

The following conditions are valid:

- In the surroundings the risk components R_{AT} , R_{AD} and R_U are not considered, because these are only relevant in the structure struck by lightning itself.
- Relevant for the surroundings are the following types of losses:
 - L_1 : loss due to injury to human beings in the surroundings;
 - L_2 : loss due to physical damage to the surroundings.

E.2 Calculation of risk components

The relevant components of the risk for the surroundings are calculated according to the equations given in Table E.1.

Table E.1 – Risk components for different sources of damage and types of loss, valid for damage to the surroundings

Type of loss	Source of damage			
	S1 Lightning flash to a structure	S2 Lightning flash near a structure	S3 Lightning flash to an (incoming) line	S4 Lightning flash near a line
L ₁ Injury to living beings	R_{B1E} $= N_D \times P_B \times P_{PE} \times L_{B1E}$		R_{V1E} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times P_{PE} \times L_{V1E}$	
	R_{C1E} $= N_D \times P_C \times P_{PE} \times P_e \times L_{C1E}$ See footnote "a".	R_{M1E} $= N_M \times P_M \times P_{PE} \times P_e \times L_{M1E}$ See footnote "a".	R_{W1E} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_{PE} \times P_e \times L_{W1E}$ See footnote "a".	R_{Z1E} $= N_I \times P_Z \times P_{PE} \times P_e \times L_{Z1E}$ See footnote "a".
L ₂ Physical damage	R_{B2E} $= N_D \times P_B \times L_{B2E}$		R_{V2E} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_{V2E}$	
	R_{C2E} $= N_D \times P_C \times P_e \times L_{C2E}$ See footnote "b".	R_{M2E} $= N_M \times P_M \times P_e \times L_{M2E}$ See footnote "b".	R_{W2E} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e \times L_{W2E}$ See footnote "b".	R_{Z2E} $= N_I \times P_Z \times P_e \times L_{Z2E}$ See footnote "b".
^a R_{C1E}, R_{M1E}, R_{W1E} and R_{Z1E} apply mainly for structures with a risk of explosion and for hospitals or other structures where failures of internal systems immediately endanger human life. ^b R_{C2E}, R_{M2E}, R_{W2E} and R_{Z2E} apply mainly for structures with a risk of explosion.				

where the general relations are given below:

$$L_{B1E} = L_{V1E} = L_{F1E} \quad (E.1)$$

$$L_{C1E} = L_{M1E} = L_{W1E} = L_{Z1E} = L_{O1E} \quad (E.2)$$

$$P_{PE} = t_{ZE} / 8\,760 \quad (E.3)$$

$$L_{B2E} = L_{V2E} = L_{F2E} \quad (E.4)$$

$$L_{C2E} = L_{M2E} = L_{W2E} = L_{Z2E} = L_{O2E} \quad (E.5)$$

where

L_{F1E} is the typical mean ratio of persons injured by fire or explosion related to the total number of persons in the surroundings, due to one dangerous event (see Table E.3);

L_{O1E} is the typical mean ratio of persons injured by failure of internal systems related to the total number of persons in the surroundings, due to one dangerous event (see Table E.3);

L_{F2E} is the typical mean ratio of physical damage by fire or explosion related to the maximum extent of damage in the surroundings, due to one dangerous event (see Table E.4);

L_{O2E} is the typical mean ratio of physical damage by failure of internal systems related to the maximum extent of damage in the surroundings, due to one dangerous event (see Table E.4);

t_{zE} is the time of presence of persons in a potentially dangerous place in the surroundings (see Table E.2).

All these parameters are based on scenarios and should be evaluated precisely. When a scenario does not justify a component then this component should be taken equal to zero. For example, if an internal induced surge in a structure cannot create a scenario that itself creates a damage to a property outside the structure, then L_{M2E} should be taken equal to 0.

All the other parameters given in the equations of Table E.1 are used and calculated as described in Annex A and Annex B and in the main part of this document.

If values of t_{zE} are unknown, $t_{zE}/8\,760 = 1$ should be assumed, as a matter of fact, in the surroundings of the structure, residential areas can exist with a permanent attendance of people.

Otherwise the values proposed in Table E.2 can be used. These values can be changed after detailed investigation.

Table E.2 – Type of loss L1: Proposed typical values for the related time of presence for people $t_{zE}/8\,760$ in different environments as limited by Table E.3

Type of surrounding	$t_{zE}/8\,760^a$
Working site	0,25
Working site with operation with more than one shift	1,0
Structures open to the public	0,5
Zones of activities (industries and other activities not usually open to the public)	0,75
Residences	1
Roads	1
Railways	0,25
Inland waterways	0,1
Pedestrian ways	0,75
Open grounds and very infrequently attended areas (fields, meadows, forests, waste lands, marsh...)	0,25
Infrequently attended areas (horticultural gardens and zones, vineyards, fishing zones, marshalling yards ...)	0,25
Normally or frequently attended areas (car parks, parks, zones of supervised baths, sports grounds)	0,5
Special cases (sporadic attendance)	0,1
^a In case of "mixed" environments with different values, the highest value should be used.	

For L_{F1E} and L_{O1E} the values given in Table E.3 are a proposal. More detailed calculations can be performed. When there is no risk for the surroundings, $L_{F1E} = L_{O1E} = 0$ should be assumed.

Table E.3 – Type of loss L1: Typical mean values of L_{F1E} and L_{O1E} outside the structure

Values of L_{F1E} and L_{O1E} Scenario	Environmental risk – Remaining inside the site fence		Environmental risk – Spreading outside of the site fence	
	L_{F1E}^g	L_{O1E}^g	L_{F1E}	L_{O1E}
Explosion and overpressure ^a	0,25	0,025	0,5	0,05
Thermal flux ^b	0,05	0,005	0,1	0,01
Toxic fumes ^c	0,1	0,01	1,0	0,1
Soil pollution ^c	0,1	0,01	0,5	0,05
Water pollution ^c	0,25 ^d	0,025	2,5	0,25
Radioactive material ^{c e f}	0,5	0,05	5	0,5
^a The overpressure exceeds a value of 5 kPa. ^b The thermal power per area exceeds a value of 3 kW/m ² . ^c These maximum values can be reduced based on quantity of pollutant, danger of the pollutant and sensitivity of the environment. ^d Only if pollution can reach the water table or fresh water or sea or oceans. ^e It is possible this will not be applicable when a specific study including all scenarios has been developed. ^f This is not applicable to sealed sources for example used in measuring devices or medical equipment. ^g In case of a TWS the values for L_{F1E} and L_{O1E} inside the site fence are multiplied by $(1 - P_{TWS})$.				

For L_{F2E} and L_{O2E} the values given in Table E.4 are a proposal. More detailed calculations can be performed. When there is no risk for the surroundings, $L_{F2E} = L_{O2E} = 0$ should be assumed.

Table E.4 – Type of loss L2: Typical mean values of L_{F2E} and L_{O2E} outside the structure

Scenario	Environmental risk	
	L_{F2E}	L_{O2E}
Explosion and overpressure ^a	0,5	0,05
Thermal flux ^b	0,1	0,01
Toxic fumes ^c	0,5	0,05
Soil pollution ^c	0,2	0,02
Water pollution ^c	0,5 ^d	0,05
Radioactive material ^{c e f}	1	0,1
^a The overpressure exceeds a value of 14 kPa. ^b The thermal power per area exceeds a value of 8 kW/m ² . ^c These maximum values can be reduced based on quantity of pollutant, danger of the pollutant and sensitivity of the environment. ^d Only if pollution can reach the water bed or fresh water or sea or oceans. ^e It is possible this will not be applicable when a specific study including all scenarios has been developed. ^f This is not applicable to sealed sources for example used in measuring devices or medical equipment.		

Annex F (informative)

Case studies

F.1 General

In this Annex F, case studies relevant to a house, an office building and a hospital are developed with the aim of showing, for risk and frequency of damage:

- how to calculate with the value of parameters and determine the need for protection;
- the contribution of different components to the overall value;
- the effect of different protection measures to mitigate both the risk and the frequency of damage.

NOTE This Annex F presents hypothetical data for all cases. It is intended to provide information about risk and frequency of damage evaluation in order to illustrate the principles contained in this document. It is not intended to address the unique aspects of the conditions that exist in all facilities or systems.

For simplicity some factors will be shown as follows:

$$R_B = R_{B1} + R_{B2}$$

$$R_C = R_{C1} + R_{C2}$$

$$R_M = R_{M1} + R_{M2}$$

$$R_V = R_{V1} + R_{V2}$$

$$R_W = R_{W1} + R_{W2}$$

$$R_Z = R_{Z1} + R_{Z2}$$

The dash (–) in tables means "not applicable".

The risk and frequency values calculated in tables are fixed to 3 decimal places. Smaller values are therefore expressed as ≈ 0 .

Owing to rounded values used for calculation, one can obtain slightly different results for calculated values.

F.2 House

F.2.1 Relevant data and characteristics

NOTE Throughout this example, additional subscripts P, T and D have been added to existing parameters to signify power, telecom and data lines respectively.

The house has no existing lightning protection and is located in flat territory without any neighbouring structures. The lightning ground strike-point density is $N_{SG} = 8$ (strike-points/km²/year). The house is inhabited for six months a year. It is assumed that there is nobody outside the house during a thunderstorm.

The house is fed by one low-voltage aerial (overhead) power line and one aerial telephone line; no external conductive parts are connected to the house.

Data for the house and its surroundings are given in Table F.1.

Data for the incoming lines and their internal systems connected to these lines are given in Table F.2 for the power line and in Table F.3 for the telecom line. The last column provides locations where the values selected can be found or the process used to determine the value. In Table F.1, the source of the LLS data cannot provide the value of k so the default value of 2 is used. The structure provides no shielding against LEMP so the default value of K_{S1} is selected. There is no thunderstorm warning system (TWS) in use at the structure. In places where there is no justification nor reference to specific clauses, the values have been selected for the purpose of the example.

Table F.1 – House: environment and structure characteristics

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Lightning ground strike-point density (strike-points/km ² /year)		N_{SG}	8,0	
Factor relating N_G to N_{SG}		k	2	Clause A.1
Structure dimensions (m)		L, W, H	15, 20, 6	
Location factor of structure	Isolated structure	C_D	1	Table A.1
Construction material	Masonry	P_S	1	Table B.4
Structure shielding	None	K_{S1}	1	Clause B.6
Environmental factor	Rural	C_E	1	Table A.4
LPS	None	P_{LPS}	1	Table B.3
TWS	None	P_{TWS}	1	Clause B.1

Table F.2 – House: power line

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Length (m) ^a		L_L	1 000	Clause A.4
Installation factor	Aerial	C_{IP}	1	Table A.2
Line type factor	LV line	C_{TP}	1	Table A.3
Environmental factor	Rural	C_{EP}	1	Table A.4
Shielding, grounding, isolation	None	C_{LDP}	1	Table B.9
		C_{LIP}	1	
Equipotential bonding	None	P_{EBP}	1	Table B.13
Adjacent structure	None	L_J, W_J, H_J	–	
Location factor of structure	None	C_{DJ}	–	Table A.1
Withstand voltage of internal system (kV)		U_{WP}	2,5	
Number of conductors	Three phase conductors + neutral	n_P	4	Table B.7
	Resulting parameter	P_{LDP}	1	Table B.11
Lateral distance for $S2$ (m)	U_{WP} is higher than U_{WT}	r_{MP}	-	Not used, see Equation (A.8) and Table F.3
Lateral distance for $S4$ (m)		r_{IP}	384	$2\,000/U_{WP}^{1.8}$, see Equation (A.12)

^a As the length L_L of the line section is unknown, $L_L = 1\,000$ m is assumed (Clause A.4).

Table F.3 – House: telecom line

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Length (m)		L_L	800	Clause A.4
Installation factor	Aerial	C_{IT}	1	Table A.2
Line type factor	Telecom line	C_{TT}	1	Table A.3
Environmental factor	Rural	C_{ET}	1	Table A.4
Shielding, grounding, isolation	None	C_{LDT}	1	Table B.8
		C_{LIT}	1	
Equipotential bonding	None	P_{EBT}	1	Table B.13
Adjacent structure	None	L_J, W_J, H_J	–	The telecom cabinet at the other end of the line is too small to be considered
Location factor of structure	Isolated structure	C_{DJ}		Table A.1
Withstand voltage of internal system (kV)		U_{WT}	1,5	
Number of conductors		n_T	2	Table B.8
	Resulting parameter	P_{LDT}	1	Table B.11
Lateral distance for S2 (m)	U_{WT} is lower than U_{WP}	r_{MT}	233	$350/U_{WT}$, see Equation (A.8)
Lateral distance for S4 (m)		r_{IT}	964	$2\,000/U_{WT}^{1,8}$, see Equation (A.12)

F.2.2 Calculation of expected annual number of dangerous events

Calculations are given in Table F.4 for the equivalent collection areas and in Table F.5 for the expected number of dangerous events.

Table F.4 – House: equivalent collection areas of structure and lines

	Symbol	Result m ²	Reference
Structure	A_D	$2,58 \times 10^3$	A.2.1.2, Equation (A.3)
	A_M	$1,87 \times 10^5$	Clause A.3, Equation (A.8)
Power line	A_{LP}	$4,00 \times 10^4$	Clause A.4, Equation (A.10)
	A_{IP}	$7,69 \times 10^5$	Clause A.5, Equation (A.12)
Telecom line	A_{LT}	$3,20 \times 10^4$	Clause A.4, Equation (A.10)
	A_{IT}	$1,54 \times 10^6$	Clause A.5, Equation (A.12)

Table F.5 – House: expected annual number of dangerous events

	Symbol	Result 1/year	Reference
Structure	N_D	$2,06 \times 10^{-2}$	A.2.4, Equation (A.5)
	N_M	$7,5 \times 10^{-1}$	Clause A.3, Equation (A.7)
Power line	N_{LP}	$3,2 \times 10^{-1}$	Clause A.4, Equation (A.9)
	N_{IP}	3,07	Clause A.5, Equation (A.11)
Telecom line	N_{LT}	$2,56 \times 10^{-1}$	Clause A.4, Equation (A.9)
	N_{IT}	6,17	Clause A.5, Equation (A.11)

F.2.3 Risk management

As a first step, the risk zones should be identified in which the structure can be divided. For each risk zone, both the risk R and the frequency of damage F to internal systems are assessed.

This implies:

- the need to determine the risk R and to compare it with the tolerable risk $R_T = 10^{-5}$ (7.3). If necessary, suitable protection measures to mitigate such risk should be selected.
Risk components are evaluated according to Table 3.
- the need to determine the frequency of damage F and to compare it with the required tolerable frequency of damage F_T (9.3). In this case the tolerable frequency of damage was fixed by the owner of the building to the value $F_T = 10^{-1}$. Therefore, if necessary, suitable protection measures to reduce such frequency of damage should be selected. Frequency of damage components are evaluated according to Table 4.

In this example, only the risk is calculated. Frequency of damages are addressed in the other examples.

F.2.4 Definition of risk zones in the house

The following main risk zones can be defined as follows:

Z_1 (outside the building);

Z_2 (inside the building) is defined taking into account that:

- both internal systems (power and telecom) extend throughout the building,
- no spatial shields exist,
- the structure is a single fireproof compartment,
- losses are assumed to be constant in all the building and to correspond to the typical mean values of Table C.2.

The values of time of annual attendance of persons in each risk zone and the risk components to be considered are shown in Table F.6. Time outside the building is very limited and thus for the purpose of this example it is assumed that there is nobody outside the building (as a consequence Z_1 is ignored).

Table F.6 – House: time of presence of persons and risk components into risk zones

Risk zone	Time of presence hours/year	Risk components								
		R_{AT}	R_{AD}	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z_2 (inside the building)	4 380	X		X			X	X		

For zone Z_1 , as there is nobody outside the building, the risk of shock to people $R_{AT} = 0$. It is also assumed that there are no electrical systems outside the building and then the frequency of damage $F = 0$.

The defined parameters for zone Z_2 are reported in Table F.7.

Table F.7 – House: values for zone Z_2 (inside the building)

Input parameter		Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor		Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)		None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area		Not applicable	P_o	0	Clause B.3
Risk of fire		Low	r_f	10^{-3}	Table B.6
Fire protection		None	r_p	1	Table B.5
Factor for persons in zone		$t_z/8\,760 = 4\,380/8\,760$	P_P	0,5	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone		$t_e/8\,760 = 8\,760/8\,760$	P_e	1	Equation (B.15)
Zone shielding		None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Power internal system	Internal wiring	Unshielded conductors routed in the same conduit	K_{S3P}	2×10^{-1}	Table B.10
	Withstand voltage factor (kV)		U_{WP}	2,5	
	SPD system	None	P_{SPD}	1	Table B.7
Telecom internal system	Internal wiring	Unshielded conductors with different routing	K_{S3T}	1	Table B.10
	Withstand voltage factor (kV)		U_{WT}	1,5	
	SPD system	None	P_{SPD}	1	Table B.8
Type of zone according to loss		Low loss zone	-	-	Table C.2

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	
	Persons injured by fire	L_{F1}	2×10^{-2}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	2×10^{-2}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	10^{-1}	

F.2.5 Risk assessment

The risk R can be expressed according to Equation (1). Involved components are given in Table F.6 and risk values are given in Table F.8.

Table F.8 – House: risk for the unprotected structure (values $\times 10^{-5}$)

Symbol	Z_2
R_{AT}	≈ 0
R_B	0,062
R_U	0,003
R_V	1,728
R	1,793
R_T	1

Because the risk R is higher than the tolerable value $R_T = 10^{-5}$, lightning protection for the structure is required to mitigate the risk.

F.2.6 Risk – Selection of protection measures

According to Table F.8 the main contribution to the value of risk is given by component R_V (lightning flash to lines) and reducing this component can be enough to reduce the risk below the tolerable level.

To reduce the risk R to a tolerable value, the protective measures influencing the components R_V should be considered. Suitable measures are SPDs of LPL IV installed on power and telephone lines at the entrance point in the house (equipotential bonding). According to Table F.7 this reduces the value of P_{EB} (due to SPDs on connected lines) from 1 to 0,05 and the values of P_V by the same factor. Inserting these values into the equations, new values of risk components are obtained, as shown in Table F.9 and this table shows that the total risk is by now lower than the tolerable level.

Table F.9 – House: risk components for protected structure (values $\times 10^{-5}$)

Symbol	Z_2
R_{AT}	≈ 0
R_B	0,062
R_U	≈ 0
R_V	0,086
R	0,149
R_T	1

F.2.7 Conclusions

The risk R can be reduced below the tolerable level by installing an SPD tested according to Class I test of LPL IV for both power and telephone lines.

F.3 Office building

F.3.1 Relevant data and characteristics

As a second case study, an office building with an archive, offices and a computer centre is considered.

The office building is located in flat territory without any neighbouring structures. The lightning striking point to ground density is $N_{SG} = 4$ (strike-points/km²/year).

The office building is fed by one power line and one telecommunication line. In addition, one external conductive part is connected to the structure (water pipe). The external telecommunication line is made of a metal free fibre optic cable but the internal telecommunication line is made of unshielded copper line.

Data for the building and its surroundings are given in Table F.10. Data for the incoming lines and their connected internal systems are given in Table F.11 for the power line and in Table F.12 for the telecom line.

Table F.10 – Office building: environment and structure characteristics

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Lightning ground strike-point density (strike-points/km ² /year)		N_{SG}	4,0	
Factor relating N_G to N_{SG}		k	2	Clause A.1
Structure dimensions (m)		L, W, H	20, 40, 25	
Location factor of structure	Isolated structure	C_D	1	Table A.1
Construction material	Reinforced concrete	P_S	0,5	Table B.4
Structure shielding	None	K_{S1}	1	Equation (B.8)
Environmental factor	Suburban	C_E	0,5	Table A.4
LPS	None	P_{LPS}	1	Table B.3
TWS	None	P_{TWS}	1	Clause B.1

Table F.11 – Office building: power line

Input parameter		Comment	Symbol	Value	Reference
HV section	Length (m)		L_L	1 000	Clause A.4
	Installation factor	Buried	C_I	0,3	Table A.2
	Line type factor	HV line	C_T	0,2	Table A.3
	Environmental factor	Suburban	C_E	0,5	Table A.4
	Shield of line (Ω/km)	Unshielded	R_S	–	
LV section	Length (m)		L_L	100	
	Installation factor	Buried	C_I	0,3	Table A.2
	Line type factor	LV line	C_T	1	Table A.3
	Environmental factor	Suburban	C_E	0,5	Table A.4
	Shield of line (Ω/km)	Unshielded	R_S	–	
Shielding, grounding, isolation		None	C_{LD}	1	Table B.9
			C_{LI}	1	
Equipotential bonding		None	P_{EB}	1	Table B.13
Adjacent structure		None	L_J, W_J, H_J	–	HV line is 1 km long
Location factor of adjacent structure		None	C_{DJ}	–	Table A.1
Withstand voltage of internal system (kV)			U_{WP}	2,5	
Number of conductors		3 phase conductors + neutral	n_P	4	Table B.7
		Resulting parameter	P_{LD}	1	Table B.11 and Table B.12
Lateral distance for S2 (m)		U_{WP} is higher than U_{WT}	r_{MP}	–	Not used, see Equation (A.8) and Table F.12
Lateral distance for S4 (m)			r_{IP}	384	$2\,000/U_{WP}^{1.8}$, see Equation (A.12)

Table F.12 – Office building: telecom line

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Length (m)	Fibre optic cable	L_L	0	Clause A.4
Withstand voltage of internal system (kV) connected to internal telecommunication copper unshielded line		U_{WT}	1,5	
Lateral distance for S2 (m)	U_{WT} is lower than U_{WP}	r_{MT}	233	$350/U_{WT}$, see Equation (A.8)

F.3.2 Calculation of expected annual number of dangerous events

The results of calculations are given in Table F.13 for the collection areas and in Table F.14 for the expected number of dangerous events.

Table F.13 – Office building: collection areas of structure and lines

	Symbol	Result m ²	Reference Equation
Structure	A_D	$2,75 \times 10^4$	Equation (A.3)
	A_M	$1,99 \times 10^5$	Equation (A.8)
Power line	A_{LP1}	4×10^4	Equation (A.10)
	A_{IP1}	$7,69 \times 10^5$	Equation (A.12)
	A_{LP2}	4×10^3	Equation (A.10)
	A_{IP2}	$7,69 \times 10^4$	Equation (A.12)
Telecom line	A_{LT}	0	Equation (A.10)
	A_{IT}	0	Equation (A.12)

Table F.14 – Office building: expected annual number of dangerous events

	Symbol	Result 1/year	Reference Equation
Structure	N_D	$1,1 \times 10^{-1}$	Equation (A.5)
	N_M	$3,98 \times 10^{-1}$	Equation (A.7)
Power line	N_{LP1}	$4,8 \times 10^{-3}$	Equation (A.9)
	N_{IP1}	$4,61 \times 10^{-2}$	Equation (A.11)
	N_{LP2}	$2,4 \times 10^{-3}$	Equation (A.9)
	N_{IP2}	$2,31 \times 10^{-2}$	Equation (A.11)
Telecom Line	N_{LT}	0	Equation (A.9)
	N_{IT}	0	Equation (A.11)

F.3.3 Risk management

As a first step, the zones in which the structure can be divided should be identified. For each zone, both the risk R of public loss and the frequency of damage F to internal systems shall be assessed.

This implies:

- the need to determine the risk R and to compare it with the tolerable risk $R_T = 10^{-5}$ (7.3). If necessary, suitable protection measures to mitigate such risk will be selected. Risk components will be evaluated according to Table 3;
- the need to determine the frequency of damage F and to compare it with the required tolerable risk F_T (9.3). In this case, based on technical-economical evaluations relevant to the service exploited in the building, the tolerable frequency of damage was fixed by the Technical Director of the company to the value $F_T = 5 \times 10^{-2}$. Therefore, if necessary, suitable protection measures to reduce such frequency of damage should be selected. Frequency of damage components will be evaluated according to Table 4.

F.3.4 Definition of zones in the office building

The following zones are defined:

Z_1 (entrance area outside);

Z_2 (roof);

Z_3 (archive);

Z_4 (offices);

Z_5 (computer centre);

taking into account that:

- the roof is accessible to people;
- the structure is divided into two separate fireproof compartments: the first is the archive (Z_3) and the second is the offices together with the computer centre (Z_4 and Z_5);
- in all inner zones, Z_3 , Z_4 and Z_5 , internal systems connected to the power as well as to the telecom line exist;
- no spatial shields exist;
- people in the two outside zones, Z_1 and Z_2 , are protected by the structure or its external LPS from a direct strike and therefore in this example it is not necessary to calculate R_B for these zones;
- people in the two outside zones, Z_1 and Z_2 , are not protected from step and touch voltages caused by a direct strike to the structure and therefore it is necessary to calculate R_{AT} for these zones.

The use of values less than 1 for r_p has been selected in agreement with the building owner, see Clause B.4.

The values of time of annual attendance of persons in each zone and the risk components to be considered are shown in Table F.15.

Table F.15 – Office building: time of presence of persons and risk components in zones

Zone	Time of presence hours/year	Risk components								
		R_{AT}	R_{AD}	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z_1 (entrance outside)	175	X								
Z_2 (roof)	18	X	X							
Z_3 (archive)	440	X		X			X	X		
Z_4 (offices)	2 630	X		X			X	X		
Z_5 (computer centre)	2 200	X		X			X	X		

The relevant parameters for the zones Z_1 to Z_5 are given in Table F.16 to Table F.20.

Table F.16 – Office building: factors valid for zone Z₁ (entrance area outside)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Ground surface	Marble	r_t	10^{-3}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	None	r_f	0	Table B.6
Fire protection	None	r_p	1	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 175/8\ 760$	P_P	0,02	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	Not applicable	P_e	-	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	No internal systems	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	No internal systems	P_{SPD}	1	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	No internal systems	K_{S3}	0	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	No internal systems		0	
Type of zone according to loss	Low loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	
	Persons injured by fire	L_{F1}	-	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	-	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	-	

Table F.17 – Office building: factors valid for zone Z₂ (roof)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Ground surface	Asphalt	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Maintenance team present in the exposed area	P_o	1	Clause B.3
Risk of fire	None	r_f	0	Table B.6
Fire protection	None	r_p	1	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 18/8\ 760$	P_P	0,002	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	Not applicable	P_e	-	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	-	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	-	Table B.8

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	No internal systems	K_{S3}	-	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)				
Type of zone according to loss	Low loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	10^{-1}	
	Persons injured by fire	L_{F1}	-	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	-	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	-	

Table F.18 – Office building: factors valid for zone Z₃ (archive)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor	Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	High	r_f	10^{-1}	Table B.6
Fire protection	Automatic alarm	r_p	0,2	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 440/8\ 760$	P_P	0,05	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	$t_e/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_e	1	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	1	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	Unshielded (loop conductors in the same conduit)	K_{S3}	0,2	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	Unshielded (loop conductors with different routing)		1	
Withstand voltage factor (Power internal system)	$U_W = 2,5\text{ kV}$			
Withstand voltage factor (Telecom internal system)	$U_W = 1,5\text{ kV}$			
Type of zone according to loss	Normal loss zone	-	-	Table C.2

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	
	Persons injured by fire	L_{F1}	5×10^{-2}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	5×10^{-2}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	5×10^{-2}	

Table F.19 – Office building: factors valid for zone Z₄ (offices)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor	Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}	Table B.6
Fire protection	Extinguishers	r_p	0,5	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 2\ 630/8\ 760$	P_P	0,3	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	$t_e/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_e	1	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	1	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	Unshielded (loop conductors in the same conduit)	K_{S3}	0,2	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	Unshielded (loop conductors with different routing)		1	
Withstand voltage factor (Power internal system)	$U_W = 2,5\text{ kV}$			
Withstand voltage factor (Telecom internal system)	$U_W = 1,5\text{ kV}$			
Type of zone according to loss	Normal loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	
	Persons injured by fire	L_{F1}	5×10^{-2}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	5×10^{-2}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	5×10^{-2}	

Table F.20 – Office building: factors valid for zone Z₅ (computer centre)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor	Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}	Table B.6
Fire protection	Automatic alarm installation	r_p	0,2	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 2\ 200/8\ 760$	P_P	0,25	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	$t_e/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_e	1	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	1	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	Unshielded (loop conductors in the same conduit)	K_{S3}	0,2	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	Unshielded (loop conductors with different routing)		1	
Withstand voltage factor (Power internal system)	$U_W = 2,5\ kV$			
Withstand voltage factor (Telecom internal system)	$U_W = 1,5\ kV$			
Type of zone according to loss	High loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	
	Persons injured by fire	L_{F1}	10^{-1}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	10^{-1}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	5×10^{-2}	

F.3.5 Risk assessment

The risk R can be expressed according to Equation (1). Involved components are given in Table F.15 and risk values are given in Table F.21.

Table F.21 – Office building: risk for the unprotected structure (values $\times 10^{-5}$)

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
R_{AT}	0,002	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_{AD}	-	2,259	-	-	-
R_B	-	-	5,770	0,179	0,137
R_U	-	-	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V	-	-	0,756	0,023	0,018
R	0,002	2,259	6,526	0,202	0,156
R_T	1				

Because in zones Z_2 and Z_3 the risk is higher than the tolerable value $R_T = 10^{-5}$, lightning protection for the structure is required to mitigate the risk in these zones.

F.3.6 Frequency of damage assessment

The frequency of damage F can be expressed according to Equation (12). Frequency components are to be evaluated according to Clause 9.2. Involved components and frequency of damage evaluation are given in Table F.22.

Table F.22 – Office building: frequency of damage for the unprotected structure

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
F_C	-	-	0,11	0,11	0,11
F_M	-	-	0,398	0,398	0,398
F_{WP}	-	-	0,007	0,007	0,007
F_{WT}	-	-	-	-	-
F_{ZP}	-	-	0,0692	0,0692	0,0692
F_{ZT}	-	-	-	-	-
F	-	-	0,584	0,584	0,584
F_T	-	-	0,05	0,05	0,05

Because in all zones where internal systems are installed, F is higher than the tolerable value $F_T = 5 \times 10^{-2}$, lightning protection for the structure is required to reduce the frequency of damage.

F.3.7 Risk – Selection of protection measures

According to Table F.21, the zone at a higher risk is zone Z_3 (archive) because of the high value of risk of fire (risk components R_B and R_V).

Suitable protection measures to reduce the risk R in zone Z_3 are to install an LPL II LPS for protection of the building, thus reducing the risk component R_B in zones Z_2 , Z_3 , Z_4 and Z_5 . According to Table B.3 this reduces the value of P_{LPS} from 1 to 0,05 and the value of P_{EB} from 1 to 0,02 (due to SPDs on connected lines) and finally the values of P_U and P_V by the same factor.

For the equipotential bonding, the LPS is equipped with SPDs installed on the power line, at the entrance of the line in the structure.

By applying these protection measures, new values of risk components are obtained, as shown in Table F.23.

Table F.23 – Risk components for protected structure (values $\times 10^{-5}$)

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
R_{AT}	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_{AD}	-	0,113	-	-	-
R_B	-	-	0,577	0,018	0,014
R_U	-	-	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V	-	-	0,015	≈ 0	≈ 0
R	≈ 0	0,113	0,592	0,018	0,014
R_T	1				

F.3.8 Frequency of damage – Selection of protection measures

To reduce the frequency of damage F to the required value ($F_T = 5 \times 10^{-2}$), the suitable measure is to install a coordinated SPD system to protect internal systems connected to the power line.

The telecom line inside the building is a copper unshielded line and thus protection of telecom equipment is also necessary as it has an impact on components F_C and F_M .

According to Table F.22: for coordinated SPD systems, LPL II to protect internal systems connected to the power line is suitable. The same level LPL II is used for the SPD protecting the internal telecom equipment.

Such an SPD system reduces the value of P_{SPD} relevant to the frequency of damage F_1 in zones Z_3 , Z_4 and Z_5 from 1 to 0,02; it reduces also the value of P_{SPD} relevant to frequencies of damage F_2 , F_3 and F_4 . The new values of frequency of damage components are shown in Table F.24.

Table F.24 – Office building: frequency of damage for protected structure

Symbol	Z_3	Z_4	Z_5
F_C	0,004	0,004	0,004
F_M	0,008	0,008	0,008
F_{WP}	≈ 0	≈ 0	≈ 0
F_{WT}	-	-	-
F_{ZP}	0,001	0,001	0,001
F_{ZT}	-	-	-
F	0,014	0,014	0,014
F_T	0,05	0,05	0,05

F.3.9 Conclusions

Both risk R and frequency of damage F can be reduced below the tolerable level by installing:

- an LPL II LPS for protection of the building,
- a coordinated LPL II SPD system for power systems and an LPL II SPD for telecom equipment.

NOTE As indicated in Clause B.4, the fire alarm has been taken into account in the risk calculation because it was protected against overvoltages and other damages and firefighters can arrive in less than 10 min.

F.4 Hospital

F.4.1 Relevant data and characteristics

As a more complex case, this study considers a standard hospital facility with a rooms block, an operating block and an intensive care unit.

The hospital is located in flat territory without any neighbouring structures. The lightning striking point to ground density is $N_{SG} = 8$ (strike-points /km²/year).

The hospital is fed by one power line and one telecommunication line; two external conductive parts are connected to the structure (water pipe and gas pipe).

The telecommunication line is made of metal free fibre optic, as well as the internal systems connected to it. Since it is not possible to transmit or induce surges on fibre optic lines or circuits, these lines and internal systems can be neglected in the risk assessment and the frequency of damage assessment.

Data for the building and its surroundings are given in Table F.25.

Data for the incoming power line and the internal systems connected thereto are given in Table F.26.

Table F.25 – Hospital: environment and structure characteristics

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Lightning ground strike-point density (strike-points /km ² /year)		N_{SG}	8,0	
Factor relating N_G to N_{SG}		k	2	Clause A.1
Structure dimensions (m)		L, W, H	50, 150, 10	
Location factor of structure	Isolated structure	C_D	1	A.2.3, Table A.1
Construction material	Reinforced concrete	P_S	0,5	Clause B.4, Table B.4
Structure shielding	None	K_{S1}	1	Clause B.6, Equation (B.8)
Environmental factor	Suburban	C_E	0,5	Clause A.4, Table A.4
LPS	None	P_{LPS}	1	Clause B.3, Table B.3
TWS	None	P_{TWS}	1	Clause B.1

Table F.26 – Hospital: power line

Input parameter		Comment	Symbol	Value	Reference
HV section	Length (m)		L_L	1 000	Clause A.4
	Installation factor	Buried	C_I	0,3	Table A.2
	Line type factor	HV line	C_T	0,2	Table A.3
	Environmental factor	Suburban	C_E	0,5	Table A.4
	Shield of line (Ω/km)	Unshielded	R_S	–	
LV section	Length (m)		L_L	50	
	Installation factor	Buried	C_I	0,3	Table A.2
	Line type factor	LV line	C_T	1	Table A.3
	Environmental factor	Suburban	C_E	0,5	Table A.4
	Shield of line (Ω/km)	Unshielded	R_S		
Shielding, grounding, isolation		None	C_{LD}	1	Table B.9
			C_{LI}	1	
Equipotential bonding		None	P_{EB}	1	Table B.13
Adjacent structure		None	L_J, W_J, H_J	–	HV line is 1 km long
Location factor of adjacent structure		None	C_{DJ}	–	Table A.1
Withstand voltage of internal system (kV)			U_W	2,5	
Number of conductors		3 phase conductors + neutral	n_P	4	Table B.7
		Resulting parameter	P_{LD}	1	Table B.11 and Table B.12
Lateral distance for S2 (m)			r_{MP}	140	$350/U_{WP}$, see Equation (A.8)
Lateral distance for S4 (m)			r_{IP}	384	$2\,000/U_{WP}^{1.8}$, see Equation (A.12)

F.4.2 Calculation of expected annual number of dangerous events

The results of calculations are given in Table F.27 for the collection areas and in Table F.28 for the expected number of dangerous events.

Table F.27 – Hospital: collection areas of structure and power line

	Symbol	Result m^2	Reference Equation
Structure	A_D	$2,23 \times 10^4$	Equation (A.3)
	A_M	$1,18 \times 10^5$	Equation (A.8)
Power line	A_{LP1}	$4,00 \times 10^4$	Equation (A.10)
	A_{IP1}	$7,69 \times 10^5$	Equation (A.12)
	A_{LP2}	$2,00 \times 10^3$	Equation (A.10)
	A_{IP2}	$3,84 \times 10^4$	Equation (A.12)

Table F.28 – Hospital: expected annual number of dangerous events

	Symbol	Result 1/year	Reference Equation
Structure	N_D	$1,79 \times 10^{-1}$	Equation (A.5)
	N_M	$4,70 \times 10^{-1}$	Equation (A.7)
Power line	N_{LP1}	$9,6 \times 10^{-3}$	Equation (A.9)
	N_{IP1}	$9,23 \times 10^{-2}$	Equation (A.11)
	N_{LP2}	$2,4 \times 10^{-3}$	Equation (A.9)
	N_{IP2}	$2,31 \times 10^{-2}$	Equation (A.11)
	N_{LP}	$1,2 \times 10^{-2}$	
	N_{IP}	$1,15 \times 10^{-1}$	

F.4.3 Risk management

As a first step, the zones in which the structure can be divided should be identified. For each zone, both the risk R and the frequency of damage F to internal systems are assessed.

This implies:

- the need to determine the risk R and to compare it with the tolerable risk $R_T = 10^{-5}$ (7.3). If necessary, suitable protection measures to mitigate such risk will be selected. Risk components will be evaluated according to Table 3;
- the need to determine the frequency of damage F and to compare it with the required tolerable risk F_T (9.3). In this case, based on evaluations relevant to the quality of the service provided by the hospital, the tolerable frequency of damage was fixed by the General Manager of the hospital to the value $F_T = 10^{-2}$ for the operating block and the intensive care unit and $F_T = 5 \times 10^{-2}$ for the rooms block. If necessary, suitable protection measures to reduce such frequency of damage will be selected. Frequency of damage components will be evaluated according to 9.2.

F.4.4 Definition of zones in the hospital

The following zones are defined as follows:

Z_1 (entrance area outside);

Z_2 (roof);

Z_3 (rooms block);

Z_4 (operating block);

Z_5 (intensive care unit);

taking into account the following:

- the surface type is different from the inside to the outside;
- two separate fireproof compartments exist: the first is the rooms block (Z_3) and the second is the operating block together with the intensive care unit (Z_4 and Z_5);
- in all inner zones Z_3 , Z_4 and Z_5 , internal systems connected to the power line exist;
- no spatial shields exist;

- the intensive care unit contains extensive sensitive electronic systems and a spatial shield can be adopted as a protection measure;
- people in the two outside zones, Z_1 and Z_2 , are protected by the structure or its external LPS from a direct strike and therefore in this example it is not necessary to calculate R_B for these zones;
- people in the two outside zones, Z_1 and Z_2 , are not protected from step and touch voltages caused by a direct strike to the structure and therefore it is necessary to calculate R_{AT} for these zones.

The use of values less than 1 for r_p has been selected in agreement with the building owner, see Clause B.4.

The values of the time of annual attendance of persons in each zone and the risk components to be considered are shown in Table F.29.

Table F.29 – Hospital: time of presence of persons and risk components in zones

Zone	Time of presence hours/year	Risk components								
		R_{AT}	R_{AD}	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z_1 (entrance outside)	175	X								
Z_2 (roof)	90	X	X				X			
Z_3 (room block)	8 760	X		X	X	X	X	X	X	X
Z_4 (operating block)	3 100	X		X	X	X	X	X	X	X
Z_5 (intensive care unit)	8 760	X		X	X	X	X	X	X	X

The defined parameters for the zones Z_1 to Z_5 are given in Table F.30 to Table F.34.

Table F.30 – Hospital: factors valid for zone Z_1 (outside the building)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Ground surface	Concrete	r_t	10^{-2}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	None	r_f	-	Table B.6
Fire protection	None	r_p	-	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\,760 = 175/8\,760$	P_P	0,02	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	Not applicable	P_e	-	Equation (B.15)
Zone shielding	None	K_{S2}	-	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	No internal systems	K_{S3P}	-	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	No internal systems	K_{S3T}	-	
Type of zone according to loss	Low loss zone	-	-	Table C.2

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	Table C.2
	Persons injured by fire	L_{F1}	-	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	-	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	-	

Table F.31 – Hospital: factors valid for zone Z₂ (roof)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Ground surface	Asphalt	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Maintenance team present in the exposed area	P_o	1	Clause B.3
Risk of fire	None	r_f	0	Table B.6
Fire protection	None	r_p	-	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 90/8\ 760$	P_P	0,01	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	Not applicable	P_e	-	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	-	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	-	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	-	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	not applicable	K_{S3P}	-	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	No internal systems	K_{S3T}	-	
Type of zone according to loss	Low loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	10^{-1}	Table C.2
	Persons injured by fire	L_{F1}	-	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	-	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	-	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	Table B.2
	Frequency of damage	F_T	-	Table B.1

Table F.32 – Hospital: factors valid for zone Z₃ (rooms)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor	Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	Ordinary	r_f	10^{-2}	Table B.6
Fire protection	Automatic alarm	r_p	0,2	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_P	1	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	$t_e/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_e	1	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	1	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	Unshielded (loop conductors in the same conduit)	K_{S3P}	0,2	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	Metal free fibre optical cables	K_{S3T}	-	
Withstand voltage factor (Power internal system)	$U_W = 2,5\ kV$			
Withstand voltage factor (Telecom internal system)	Not applicable			
Type of zone according to loss	High loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	Table C.2
	Persons injured by fire	L_{F1}	10^{-1}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	10^{-1}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	10^{-3}	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	5×10^{-2}	

Table F.33 – Hospital: factors valid for zone Z₄ (operating block)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor	Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}	Table B.6
Fire protection	Automatic alarm installations	r_p	0,2	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 3\ 100/8\ 760$	P_P	0,35	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	$t_e/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_e	1	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	-	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	Unshielded (loop conductors in the same cable)	K_{S3P}	0,01	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	Metal free fibre optical cables	K_{S3T}	-	
Withstand voltage factor (Power internal system)	$U_W = 2,5\text{ kV}$			
Withstand voltage factor (Telecom internal system)	Not applicable			
Type of zone according to loss	Very high loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	Table C.2
	Persons injured by fire	L_{F1}	2×10^{-1}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	2×10^{-1}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	10^{-2}	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	10^{-2}	

Table F.34 – Hospital: factors valid for zone Z₅ (intensive care unit)

Input parameter	Comment	Symbol	Value	Reference
Type of floor	Linoleum	r_t	10^{-5}	Table B.2
Protection against shock (flash to structure)	None	P_{am}	1	Table B.1
Position of persons in the exposed area	Not applicable	P_o	-	Clause B.3
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}	Table B.6
Fire protection	Automatic alarm installations	r_p	0,2	Table B.5
Factor for persons in zone	$t_z/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_P	1	Equation (B.14)
Factor for equipment in zone	$t_e/8\ 760 = 8\ 760/8\ 760$	P_e	1	Equation (B.15)
SPD system (Power line)	None	P_{SPD}	1	Table B.7
SPD system (Telecom line)	None	P_{SPD}	1	Table B.8
Zone shielding	None	K_{S2}	1	Equation (B.9)
Internal wiring (Power line)	Unshielded (loop conductors in the same cable)	K_{S3P}	0,01	Table B.10
Internal wiring (Telecom line)	Metal free fibre optical cables	K_{S3T}	-	
Withstand voltage factor (Power internal system)	$U_W = 2,5\text{ kV}$			
Withstand voltage factor (Telecom internal system)	Not applicable			
Type of zone according to loss	Very high loss zone	-	-	Table C.2
L: Loss	Persons injured by touch and step voltages	L_T	10^{-2}	Table C.2
	Persons injured by direct stroke	L_D	-	Table C.2
	Persons injured by fire	L_{F1}	2×10^{-1}	
	Physical damage due to fire	L_{F2}	2×10^{-1}	
	Persons injured by failure of internal systems	L_O	10^{-2}	
Tolerable value	Risk	R_T	10^{-5}	
	Frequency of damage	F_T	10^{-2}	

F.4.5 Risk assessment

The risk R can be expressed according to Equation (1). Involved components are given in Table F.29 and risk values are given in Table F.35.

Table F.35 – Hospital: risk for the unprotected structure (values $\times 10^{-5}$)

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
R_{AT}	0,036	≈ 0	0,002	0,001	0,002
R_{AD}	-	18,357	-	-	-
R_B	-	-	3,572	0,484	0,714
R_C	-	-	17,862	63,213	178,619
R_M	-	-	1,881	0,017	0,047
R_U	-	-	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V	-	-	0,480	0,065	0,096
R_W	-	-	1,200	4,247	12,000
R_Z	-	-	11,531	40,807	115,308
R	0,036	18,357	36,528	108,834	306,787
R_T	1				

Because in zones Z_2 , Z_3 , Z_4 and Z_5 , R is higher than the tolerable value $R_T = 10^{-5}$, lightning protection for the structure is required to mitigate the risk in such zones.

F.4.6 Frequency of damage assessment

The frequency of damage F can be expressed according to Equation (12). Frequency components are to be evaluated according to 9.2. Involved components and total frequency evaluation are given in Table F.36.

Table F.36 – Hospital: frequency of damage for the unprotected structure

Symbol	Z_3	Z_4	Z_5
F_C	0,179	0,179	0,179
F_M	0,019	≈ 0	≈ 0
F_W	0,012	0,012	0,012
F_Z	0,115	0,115	0,115
F	0,325	0,306	0,306
F_T	0,05	0,01	0,01

NOTE No values are shown for zone Z_2 as Table F.31 states that there is no equipment in zone Z_2 .

The following consideration can be made on the basis of Table F.36: because in all zones where internal systems are installed, F is higher than the tolerable values F_T , surge protection of equipment in the structure is required to reduce the frequency of damage.

F.4.7 Risk – Selection of protection measures

According to Table F.35, the zones at a higher risk are generally zones:

- Z_5 (intensive care unit);
- Z_4 (operating block), because of the high value R_C of failures of internal systems (risk component $R_C \approx 70$ % of the total risk in the relevant zone) it is necessary to reduce P_C .

High values of risk are also reported in zones:

- Z_3 (room block), because of the high value of attendance of people in the zone (risk components R_B , R_C and R_Z);
- Z_2 (roof) because of the high probability of a direct lightning flash to people standing in the exposed area (risk component R_{AD}).

These dominant risk components can be reduced by:

- a) providing the building with a warning notice which prohibits maintenance personnel from going on the roof during thunderstorms, thus reducing the risk component R_{AD} ($P_{am} = 0,1$ for zone Z_2);
- b) providing the whole building (including the exposed areas on the roof) with an LPS class II conforming to IEC 62305-3, reducing components R_{AD} and R_B via probability $P_{LPS} = 0,05$. For the equipotential bonding, the LPS is equipped with SPDs installed on the power line, at the entrance of the line in the structure (LPL II). The mandatory lightning equipotential bonding reduces also the components R_U and R_V via probability $P_{EB} = 0,02$;
- c) providing zones Z_3 , Z_4 and Z_5 with a coordinated SPD system protection conforming to IEC 62305-4 for the internal power system. This will reduce the components R_C , R_M , R_W and R_Z via the probability P_{SPD} .
 - Zone Z_3 : LPL I, $P_{SPD} = 0,01$;
 - Zone Z_4 : better than LPL I, $P_{SPD} = 0,002$;
 - Zone Z_5 : better than LPL I, $P_{SPD} = 0,002$.

Using this solution, the risk values from Table F.35 will change to the reduced values reported in Table F.37.

Table F.37 – Hospital: risk for the protected structure (values $\times 10^{-5}$)

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
R_{AT}	0,002	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_{AD}	-	0,092	-	-	-
R_B	-	-	0,357	0,048	0,071
R_C	-	-	0,179	0,126	0,357
R_M	-	-	0,019	≈ 0	≈ 0
R_U	-	-	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V	-	-	0,010	0,001	0,002
R_W	-	-	0,012	0,008	0,024
R_Z	-	-	0,115	0,082	0,231
R	0,002	0,092	0,692	0,266	0,685
R_T	1				

F.4.8 Frequency of damage – Selection of protection measures

To reduce the frequency of damage F to the required value F_T , a suitable measure is to install a coordinated SPD system to protect internal systems connected to the power line.

According to Table F.38, the solution to be used to reduce the risk R is also valid to reduce the frequency of damage. A coordinated SPD system to protect internal systems connected to the power line is suitable.

Such an SPD system reduces the value of P_{SPD} in the zone Z_3 from 1 to 0,01, and in zones Z_4 and Z_5 from 1 to 0,002. The new values of frequency of damage components are shown in Table F.38.

Table F.38 – Hospital: frequency of damage for the protected structure

Symbol	Z_3	Z_4	Z_5
F_C	0,001 8	0,000 4	0,000 4
F_M	0,000 2	≈ 0	≈ 0
F_W	0,000 1	≈ 0	≈ 0
F_Z	0,001 1	0,000 2	0,000 2
F	0,003 2	0,000 6	0,000 6
F_T	0,05	0,01	0,01
NOTE For this table, 4 digits are used due to very small values.			

F.4.9 Conclusions

Both risk R and frequency of damage F can be reduced below the tolerable level by installing:

- a warning notice which prohibits the maintenance personnel from going on the roof during thunderstorms,
- an LPS class II for protection of the building and of the exposed areas on the roof, including equipotential bonding for the incoming power line for LPL II,
- a coordinated SPD system for power systems in all zones.

NOTE As indicated in Clause B.4, the fire alarm has been taken into account in the risk calculation because it was protected against overvoltages and other damages and firefighters were able to arrive in less than 10 min.

Bibliography

- [1] IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*
- [2] IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measuring techniques – Surge immunity test*
- [3] IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*
- [4] IEC 60079-10-2, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Explosive dust atmospheres*
- [5] IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
- [6] IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*
- [7] http://lightning.nsstc.nasa.gov/data/data_lis-otd-climatology.html [viewed 2024-02-06]
- [8] ITU-T Recommendation K.47, Protection of telecommunication lines using metallic conductors against direct lightning discharges
- [9] NUCCI C.A., Lightning induced overvoltages on overhead power lines. Part I: Return stroke current models with specified channel-base current for the evaluation of return stroke electromagnetic fields. CIGRE Electra No 161 (August 1995)
- [10] NUCCI C.A., Lightning induced overvoltages on overhead power lines. Part II: Coupling models for the evaluation of the induced voltages. CIGRE Electra No 162 (October 1995)
- [11] ITU-T Recommendation K.46, Protection of telecommunication lines using metallic symmetric conductors against lightning-induced surges
- [12] EN 1991-1-2: 2002, *Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire*
- [13] ITU-T Recommendation K.67, *Expected surges on telecommunications and signalling networks due to lightning*
- [14] IEC TR 62066:2002, *Surge overvoltages and surge protection in low-voltage a.c. power systems – General basic information*
- [15] Rousseau A, Kern A., How to deal with environmental risk in IEC 62305-2, 2014 ICLP Shanghai (China)
- [16] Official Journal of European Union, 1994/28/02, n. C 62/63.
- [17] IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Explosive atmospheres*, available at <https://www.electropedia.org/>
- [18] G.B. Lo Piparo, R. Pomponi, T. Kisielewicz, C. Mazzetti, A. Rousseau, "Protection against lightning overvoltages: Approach and tool for surge protection devices selection", Electric Power System Research, 2020

- [19] G.B. Lo Piparo, R. Pomponi, T. Kisielewicz, C. Mazzetti, A. Rousseau, V. Crevenat, "Performance evaluation of a coordinated Surge Protective Devices System", IEEE 2020
- [20] M. Marzinotto, C. Mazzetti, G. B. Lo Piparo, "A new model for the frequency of failure evaluation in electrical and electronic systems due to nearby flashes", 29th International Conference on Lightning Protection 23rd – 26th June 2008 – Uppsala, Sweden
- [21] A. Borghetti et al. "Lightning-Induced Overvoltages Transferred Through Distribution Power Transformers", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 24, NO. 1, JANUARY 2009

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	130
INTRODUCTION.....	133
1 Domaine d'application	135
2 Références normatives	135
3 Termes et définitions	135
4 Symboles et abréviations.....	144
5 Dommages et pertes	149
5.1 Source de dommages	149
5.2 Causes de dommages.....	149
5.3 Type de perte	149
6 Risque et composantes de risque	150
6.1 Risque	150
6.2 Composantes de risque	151
6.2.1 Composantes de risque pour une structure dû à la source S1.....	151
6.2.2 Composante de risque pour une structure dû à la source S2	152
6.2.3 Composantes de risque pour une structure dû à la source S3.....	152
6.2.4 Composante de risque pour une structure dû à la source S4	152
6.2.5 Facteurs qui ont une incidence sur les composantes de risque pour une structure	152
6.3 Composition des composantes de risque.....	154
6.3.1 Composition des composantes de risque en fonction de la source des dommages.....	154
6.3.2 Composition des composantes de risque en fonction du type de perte.....	154
7 Appréciation du risque.....	155
7.1 Procédure de base.....	155
7.2 Structure à prendre en compte pour l'appréciation du risque.....	155
7.3 Procédure d'évaluation du besoin de protection pour le risque R	155
8 Évaluation des composantes de risque	157
8.1 Équation de base.....	157
8.2 Évaluation des composantes de risque dû à différentes sources de dommages	158
8.3 Découpage d'une structure en zones à risque Z_S	160
8.4 Découpage d'une ligne en sections S_L	161
8.5 Évaluation des composantes de risque dans une zone d'une structure découpée en zones à risque Z_S	162
8.5.1 Critères généraux	162
8.5.2 Structure à une seule zone	162
8.5.3 Structure à plusieurs zones	162
9 Fréquence des dommages et ses composantes.....	163
9.1 Fréquence des dommages	163
9.2 Évaluation de la fréquence partielle des dommages.....	164
9.3 Procédure d'évaluation du besoin de protection pour la fréquence des dommages F	164
9.4 Évaluation de la fréquence partielle des dommages en zones.....	167
9.4.1 Critères généraux	167
9.4.2 Structure à une seule zone	167

9.4.3	Structure à plusieurs zones	168
Annexe A (informative)	Évaluation du nombre annuel N d'événements dangereux	169
A.1	Généralités	169
A.2	Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_D dus aux impacts sur une structure et N_{DJ} sur une structure adjacente	170
A.2.1	Détermination de la surface d'exposition A_D	170
A.2.2	Structure qui fait partie d'un bâtiment	173
A.2.3	Emplacement relatif de la structure	175
A.2.4	Nombre d'événements dangereux N_D pour la structure	175
A.2.5	Nombre d'événements dangereux N_{DJ} pour une structure adjacente	176
A.3	Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_M dus aux impacts à proximité d'une structure	176
A.4	Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_L dus à des impacts sur une ligne	177
A.5	Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_I dus à des impacts à proximité d'une ligne	178
A.6	Représentation des surfaces équivalentes d'exposition	179
Annexe B (informative)	Évaluation de la probabilité de dommages P_X	180
B.1	Généralités	180
B.2	Probabilité P_{AT} qu'un impact sur une structure provoque des tensions dangereuses de contact et de pas	181
B.3	Probabilité P_{AD} qu'un impact entraîne des dommages sur une personne exposée qui se tient sur la structure	183
B.4	Probabilité P_B qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques par incendie ou explosion	184
B.5	Probabilité P_C qu'un impact sur une structure entraîne des défaillances des réseaux internes	187
B.6	Probabilité P_M qu'un impact à proximité d'une structure entraîne des défaillances des réseaux internes	191
B.7	Probabilité P_U qu'un impact sur une ligne entraîne des dommages dus à des tensions de contact	194
B.8	Probabilité P_V qu'un impact sur une ligne entraîne des dommages physiques par incendie ou explosion	196
B.9	Probabilité P_W qu'un impact sur une ligne entraîne des défaillances des réseaux internes	197
B.10	Probabilité P_Z qu'un impact à proximité d'une ligne entrante entraîne des défaillances des réseaux internes	198
B.11	Probabilité P_P qu'une personne se trouve à un emplacement dangereux	199
B.12	Probabilité P_e qu'un matériel soit exposé à un événement provoquant des dommages	199
Annexe C (informative)	Évaluation des pertes L_X	200
C.1	Généralités	200
C.2	Pertes relatives moyennes par événement dangereux	200
Annexe D (informative)	Évaluation de P_{SPD}	203
D.1	Généralités	203
D.2	Valeurs de P_Q	204
D.2.1	Valeurs de probabilité des premiers coups de foudre négatif et positif	204

D.2.2	Source de dommages S1	204
D.2.3	Source de dommages S3	205
D.2.4	Sources de dommages S2 et S4	206
D.3	Niveau de protection par parafoudre	206
D.3.1	Généralités	206
D.3.2	Source de dommages S1	206
D.3.3	Source de dommages S3	210
D.3.4	Parafoudres coordonnés en énergie: un parafoudre à coupure de tension et un parafoudre à limitation de tension en aval.....	215
D.4	Source de dommages S4	217
D.4.1	Un parafoudre à limitation de tension.....	217
D.4.2	Un parafoudre à coupure de tension	217
D.5	Source de dommages S2	218
Annexe E (informative)	Étude approfondie des pertes complémentaires L_E liées à l'environnement	219
E.1	Généralités	219
E.2	Calcul des composantes de risque	219
Annexe F (informative)	Études de cas	224
F.1	Généralités	224
F.2	Maison	224
F.2.1	Données et caractéristiques pertinentes	224
F.2.2	Calcul du nombre annuel prévisible d'événements dangereux	226
F.2.3	Évaluation des risques.....	227
F.2.4	Définition des zones à risque dans la maison	227
F.2.5	Appréciation du risque	229
F.2.6	Risque – Choix de mesures de protection	229
F.2.7	Conclusions	230
F.3	Bâtiment de bureaux	230
F.3.1	Données et caractéristiques pertinentes	230
F.3.2	Calcul du nombre annuel prévisible d'événements dangereux	233
F.3.3	Évaluation des risques.....	233
F.3.4	Définition des zones dans le bâtiment de bureaux	234
F.3.5	Appréciation du risque	240
F.3.6	Évaluation de la fréquence des dommages	240
F.3.7	Risque – Choix de mesures de protection	241
F.3.8	Fréquence des dommages – Choix de mesures de protection.....	241
F.3.9	Conclusions	242
F.4	Hôpital	242
F.4.1	Données et caractéristiques pertinentes	242
F.4.2	Calcul du nombre annuel prévisible d'événements dangereux	244
F.4.3	Évaluation des risques.....	244
F.4.4	Définition des zones de l'hôpital	245
F.4.5	Appréciation du risque	251
F.4.6	Évaluation de la fréquence des dommages	251
F.4.7	Risque – Choix de mesures de protection	252
F.4.8	Fréquence des dommages – Choix de mesures de protection.....	253
F.4.9	Conclusions	254
Bibliographie		255

Figure 1 – Procédure de décision du besoin de protection et de choix des mesures de protection pour réduire $R \leq R_T$	157
Figure 2 – Exemple de découpage en zones.....	161
Figure 3 – Procédure de détermination du besoin de protection et de choix des mesures de protection	166
Figure A.1 – Surface d'exposition A_D d'une structure isolée.....	171
Figure A.2 – Structure de forme complexe	172
Figure A.3 – Différentes méthodes de détermination de la surface d'exposition d'une structure donnée.....	173
Figure A.4 – Structure à prendre en compte pour l'évaluation de la surface d'exposition A_D	174
Figure A.5 – Surfaces équivalentes d'exposition A_D , A_{DJ} , A_M , A_L et A_I	179
Figure D.1 – Probabilité de charge des premiers coups de foudre négatif et positif.....	205
Figure D.2 – Probabilité P_{Up} en fonction de la tension résiduelle U_p' à 1 kA du parafoudre ...	207
Figure D.3 – Probabilité P_{Up} en fonction de k_{1i}	208
Figure D.4 – Probabilité P_{Up} en fonction de la tension résiduelle U_p' à 1 kA du SPD2.....	209
Figure D.5 – Probabilité P_{Up} en fonction de la tension résiduelle U_p' à 1 kA du SPD2.....	210
Figure D.6 – Probabilité P_{Up} en fonction de la tension résiduelle à 1 kA (U_p')	211
Figure D.7 – Probabilité P_{Up} en fonction de différentes longueurs de circuit interne	212
Figure D.8 – Probabilité P_{Up} en fonction de différentes longueurs de circuit interne	213
Figure D.9 – Probabilité P_{Up} en fonction de la tension résiduelle U_p' à 1 kA du SPD2.....	214
Figure D.10 – Probabilité P_{Up} en fonction de la surface de boucle interne pour $n' = 2$ et $w = 0,1$ m	215
Figure D.11 – Probabilité P_{Up} en fonction de la surface de boucle interne pour $n' = 2$ et $w = 0,5$ m	216
Figure D.12 – Probabilité P_{Up} en fonction de la surface de boucle interne pour $n' = 20$ et $w = 0,1$ m	216
Figure D.13 – Probabilité P_{Up} en fonction du niveau de protection U_p' à 1 kA du parafoudre pour une surface de boucle interne différente	217
Figure D.14 – Probabilité P_{Up} en fonction d'une surface de boucle interne différente pour deux niveaux de protection types des GDT	218
Tableau 1 – Sources de dommages, causes de dommages, types de pertes et composantes de risque en fonction du point d'impact.....	151
Tableau 2 – Facteurs d'influence des composantes de risque	153
Tableau 3 – Composantes de risque pour différentes sources de dommages et différents types de pertes.....	159
Tableau 4 – Fréquences partielles des dommages pour chaque source de dommages	164
Tableau A.1 – Facteurs d'emplacement C_D et C_{DJ} de la structure	175
Tableau A.2 – Facteur d'installation de ligne C_I	177
Tableau A.3 – Facteur de type de ligne C_T	178
Tableau A.4 – Facteur d'environnement C_E	178

Tableau B.1 – Valeurs de probabilité P_{am} qu'un impact sur une structure provoque des dommages dus à des tensions de contact et de pas selon les différentes mesures de protection prises	182
Tableau B.2 – Facteur de réduction r_t en fonction du type de surface du sol ou du plancher.....	182
Tableau B.3 – Valeurs de probabilité P_{LPS} qui dépend des mesures destinées à protéger les zones exposées de la structure contre les impacts directs et à réduire les dommages physiques	184
Tableau B.4 – Valeurs de probabilité P_S qu'un impact sur une structure provoque un étincelage dangereux.....	185
Tableau B.5 – Facteur de réduction r_p en fonction des dispositions prises pour réduire les conséquences d'un incendie.....	185
Tableau B.6 – Facteur de réduction r_f en fonction du risque d'incendie ou d'explosion de la structure.....	186
Tableau B.7 – Valeurs types de P_{SPD} pour les parafoudres sur le réseau basse tension qui servent de protection contre les sources de dommages S1, S2, S3, S4	188
Tableau B.8 – Valeurs types de P_{SPD} pour les parafoudres sur le réseau de communication qui servent de protection contre les sources de dommages S1, S2, S3, S4	189
Tableau B.9 – Valeurs des facteurs C_{LD} et C_{LI} en fonction des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation	191
Tableau B.10 – Valeur du facteur K_{S3} en fonction du câblage interne	194
Tableau B.11 – Valeur de la probabilité P_{LD} en fonction de la résistance R_S de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs U_W du matériel.....	195
Tableau B.12 – Valeur de la probabilité P_{LD} en fonction de la résistance R_S de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs supérieure U_W du matériel	196
Tableau B.13 – Valeurs types de probabilité P_{EB} qui correspondent au NPF pour lequel le parafoudre est conçu pour protéger contre la source de dommages S3	196
Tableau C.1 – Valeurs des pertes pour chaque zone	201
Tableau C.2 – Valeurs moyennes types de L_T , L_D , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} et L_{O2}	202
Tableau D.1 – Valeurs de P_{Up} du parafoudre à limitation de tension en cas d'association entre un parafoudre à limitation de tension et un parafoudre à coupure de tension	208
Tableau D.2 – Valeurs de P_{Up} du parafoudre à limitation de tension	214
Tableau E.1 – Composantes de risque pour différentes sources de dommages et différents types de pertes qui s'appliquent aux dommages à l'environnement	220
Tableau E.2 – Type de perte L1: Valeurs types suggérées pour la durée de présence de personnes $t_{ZE}/8\ 760$ associée dans différents environnements, limitées selon le	
Tableau E.3	221
Tableau E.3 – Type de perte L1: Valeurs moyennes types de L_{F1E} et L_{O1E} à l'extérieur de la structure	222
Tableau E.4 – Type de perte L2: Valeurs moyennes types de L_{F2E} et L_{O2E} à l'extérieur de la structure	223
Tableau F.1 – Maison: caractéristiques de l'environnement et de la structure	225
Tableau F.2 – Maison: ligne de puissance	225
Tableau F.3 – Maison: ligne de communication.....	226
Tableau F.4 – Maison: surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des lignes	226
Tableau F.5 – Maison: nombre annuel prévisible d'événements dangereux.....	227

Tableau F.6 – Maison: durée de présence des personnes et composantes de risque dans les zones à risque	228
Tableau F.7 – Maison: valeurs pour la zone Z_2 (intérieur du bâtiment)	228
Tableau F.8 – Maison: risque pour la structure non protégée (valeurs $\times 10^{-5}$).....	229
Tableau F.9 – Maison: composantes de risque pour la structure protégée (valeurs $\times 10^{-5}$).....	230
Tableau F.10 – Bâtiment de bureaux: caractéristiques de l'environnement et de la structure	231
Tableau F.11 – Bâtiment de bureaux: ligne de puissance.....	232
Tableau F.12 – Bâtiment de bureaux: ligne de communication	232
Tableau F.13 – Bâtiment de bureaux: surfaces d'exposition de la structure et des lignes	233
Tableau F.14 – Bâtiment de bureaux: nombre annuel prévisible d'événements dangereux.....	233
Tableau F.15 – Bâtiment de bureaux: durée de présence des personnes et composantes de risque dans les zones.....	234
Tableau F.16 – Bâtiment de bureaux: facteurs valables pour la zone Z_1 (Zone d'entrée à l'extérieur)	235
Tableau F.17 – Bâtiment de bureaux: facteurs valables pour la zone Z_2 (toiture).....	236
Tableau F.18 – Bâtiment de bureaux: facteurs valables pour la zone Z_3 (archives).....	237
Tableau F.19 – Bâtiment de bureaux: facteurs valables pour la zone Z_4 (bureaux)	238
Tableau F.20 – Bâtiment de bureaux: facteurs valables pour la zone Z_5 (centre informatique)	239
Tableau F.21 – Bâtiment de bureaux: risque pour la structure non protégée (valeurs $\times 10^{-5}$).....	240
Tableau F.22 – Bâtiment de bureaux: fréquence des dommages pour la structure non protégée	240
Tableau F.23 – Composantes de risque pour la structure protégée (valeurs $\times 10^{-5}$).....	241
Tableau F.24 – Bâtiment de bureaux: fréquence des dommages pour la structure protégée	242
Tableau F.25 – Hôpital: caractéristiques de l'environnement et de la structure.....	243
Tableau F.26 – Hôpital: ligne de puissance.....	243
Tableau F.27 – Hôpital: surfaces d'exposition de la structure et de la ligne de puissance	244
Tableau F.28 – Hôpital: nombre annuel prévisible d'événements dangereux	244
Tableau F.29 – Hôpital: durée de présence des personnes et composantes de risque dans les zones.....	246
Tableau F.30 – Hôpital: facteurs valables pour la zone Z_1 (à l'extérieur du bâtiment)	246
Tableau F.31 – Hôpital: facteurs valables pour la zone Z_2 (toiture).....	247
Tableau F.32 – Hôpital: facteurs valables pour la zone Z_3 (chambres).....	248
Tableau F.33 – Hôpital: facteurs valables pour la zone Z_4 (bloc opératoire).....	249
Tableau F.34 – Hôpital: facteurs valables pour la zone Z_5 (unité de soins intensifs)	250
Tableau F.35 – Hôpital: risque pour la structure non protégée (valeurs $\times 10^{-5}$)	251
Tableau F.36 – Hôpital: fréquence des dommages pour la structure non protégée	251
Tableau F.37 – Hôpital: risque pour la structure protégée (valeurs $\times 10^{-5}$).....	253
Tableau F.38 – Hôpital: fréquence des dommages pour la structure protégée.....	253

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

Partie 2: Évaluation des risques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62305-2 a été établie par le comité d'études 81 de l'IEC: Protection contre la foudre. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) adoption du concept de risque unique, afin de combiner les pertes de vies humaines et les pertes dues à un incendie;
- b) adoption du concept de fréquence des dommages qui peuvent influencer la disponibilité des réseaux internes à la structure;
- c) adoption de la densité de points d'impact au sol de la foudre N_{SG} en remplacement de la densité des coups de foudre N_G dans l'évaluation du nombre moyen annuel d'événements dangereux prévisibles;
- d) la réduction de quelques composantes de risque peut être obtenue par l'utilisation de mesures préventives temporaires activées par un système d'alerte aux orages (TWS) conforme à l'IEC 62793. Le risque que des personnes soient directement frappées par la foudre dans des espaces ouverts a été décrit, en tenant compte de la réduction de ce risque au moyen d'un TWS.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
81/769/FDIS	81/772/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62305, publiées sous le titre général *Protection contre la foudre*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Les différentes pratiques suivantes, à caractère moins permanent, existent dans les pays indiqués ci-après.

En Allemagne, la valeur de $r_p = 1$ s'applique dans tous les cas. Pour les composantes de risque R_B , R_C , R_M , R_V , R_W et R_Z , il est admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$. Pour LF1 et LF2, il convient d'utiliser les valeurs les plus élevées indiquées dans le Tableau C.2.

En Grèce, la valeur de $P_{TWS} = 1$ est admise par hypothèse pour tous les cas.

En Italie, il est exigé de calculer le risque de perte de vies humaines, RL1 dans l'Équation (7), et le risque de perte due à des dommages physiques, RL2 dans l'Équation (8), puis de comparer chaque risque au risque tolérable. La protection est assurée lorsque les deux risques, RL1 et RL2, sont inférieurs à la valeur tolérable.

Aux Pays-Bas et en Afrique du Sud, il convient de ne pas appliquer l'Annexe D et l'Annexe E pour les études courantes.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

INTRODUCTION

Les coups de foudre à la terre peuvent être dangereux pour les structures et les lignes qui alimentent la structure.

Ces dangers peuvent donner lieu:

- à des dommages qui altèrent la structure et son contenu;
- à des défaillances des réseaux de puissance et de communication associés;
- à des blessures sur des êtres vivants dans la structure ou à proximité de celle-ci.

Les effets consécutifs à des dommages et à des défaillances peuvent s'étendre à la proximité immédiate de la structure ou peuvent impliquer son environnement. De plus, indépendamment de l'étendue des pertes, la disponibilité de la structure et de ses réseaux internes peut être altérée de manière inacceptable si la fréquence des dommages est élevée.

Des mesures de protection peuvent être exigées pour réduire la fréquence des dommages et les pertes dues à la foudre. Il convient de déterminer la nécessité d'une telle protection et dans quelle mesure, selon la fréquence des dommages et l'appréciation du risque.

NOTE 1 La décision de mise en œuvre d'une protection contre la foudre peut être prise sans tenir compte du résultat de l'appréciation du risque ou de la fréquence des dommages lorsque le risque zéro est recherché.

NOTE 2 L'IEC 60364-4-44 [1]¹ exige systématiquement l'installation d'un dispositif de protection contre les surtensions (SPD, *Surge Protective Device*) au point d'entrée de l'alimentation électrique de la structure si les conséquences de surtensions ont une incidence sur:

- la préservation des vies humaines, par exemple services de sécurité, installations de soins médicaux;
- les services publics et le patrimoine culturel, par exemple la perte de services publics, de centres informatiques, de musées;
- les activités commerciales ou industrielles, par exemple hôtels, banques, industries, centres commerciaux, fermes.

La fréquence des dommages, définie dans le présent document comme le nombre annuel de dommages dans une structure dus aux impacts de foudre, dépend:

- du nombre annuel d'impacts de foudre qui impliquent la structure;
- de la probabilité d'événements dommageables dus à l'un de ces impacts de foudre.

Le risque, défini dans le présent document comme les pertes annuelles moyennes probables dans une structure dues aux impacts de foudre, dépend:

- de la fréquence des dommages;
- de l'étendue moyenne des pertes consécutives.

Les impacts de foudre qui impliquent une structure peuvent être divisés en:

- impacts directs sur la structure;
- impacts à proximité de la structure, directement sur les lignes connectées (lignes de puissance, de communication) ou à proximité de celles-ci.

Les impacts directs sur la structure ou une ligne connectée peuvent entraîner des dommages physiques et mettre en danger la vie des personnes. Les impacts à proximité de la structure ou d'une ligne, comme les impacts directs sur la structure ou une ligne, peuvent entraîner des défaillances des réseaux de puissance et de communication en raison des surtensions dues à un couplage résistif ou inductif entre ces réseaux et le courant de foudre.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

En outre, les défaillances dues aux surtensions de foudre dans les installations des utilisateurs et dans les lignes d'alimentation peuvent également générer des surtensions de manœuvre dans les installations.

NOTE 3 Le dysfonctionnement des réseaux de puissance et de communication n'est pas couvert par la série IEC 62305. Il est fait référence à l'IEC 61000-4-5 [2].

Le nombre d'impacts de foudre qui impliquent la structure dépend des dimensions, des caractéristiques de la structure et des lignes connectées, des caractéristiques de l'environnement de la structure et des lignes, ainsi que de la densité des points d'impact au sol de la foudre à l'emplacement de la structure et des lignes. Des recommandations sur l'évaluation du nombre d'impacts de foudre qui impliquent la structure sont données à l'Annexe A.

La probabilité de dommages dépend de la structure, de la résistivité du matériel situé sur la structure, des lignes connectées et des caractéristiques du courant de foudre, ainsi que du type et de l'efficacité des mesures de protection appliquées. Des recommandations sur l'évaluation de la probabilité de dommages dus à la foudre sont données à l'Annexe B.

L'étendue moyenne annuelle des pertes consécutives dépend de l'étendue des dommages et des effets consécutifs qui peuvent être dus à un impact de foudre. Des recommandations sur l'évaluation des pertes consécutives sont données à l'Annexe C.

L'effet des mesures de protection résulte des caractéristiques de chacune d'elles et peut réduire les probabilités de dommages.

NOTE 4 Il est admis par hypothèse que les dispositifs de protection sont mis en œuvre selon la qualité nécessaire.

Les mesures de protection sont destinées à être conformes à la série IEC 62305, à la série IEC 61643 et à l'IEC 62793, selon le cas.

NOTE 5 Pour les structures complexes (telles que les usines pétrochimiques, les grandes installations industrielles), les facteurs mentionnés dans les annexes du présent document peuvent exiger une évaluation plus approfondie des caractéristiques de la structure.

Les réglementations nationales ou locales peuvent fournir des recommandations ou des exigences minimales pour l'application du présent document. Il s'agit notamment de fixer les valeurs de risque tolérable R_T et de la fréquence tolérable des dommages F_T , ainsi que les règles de calcul et les valeurs des paramètres indiquées à l'Annexe A, l'Annexe B, l'Annexe C et l'Annexe E.

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

Partie 2: Évaluation des risques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62305 s'applique à l'évaluation des risques auxquels une structure est exposée en raison des coups de foudre à la terre.

Elle est destinée à proposer une procédure d'évaluation d'un tel risque. Lorsque la limite supérieure du risque tolérable est fixée, la procédure permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

L'évaluation des risques comprend également l'évaluation de la fréquence des dommages causés aux réseaux internes par les chocs dus aux coups de foudre à la terre. Lorsque la limite supérieure tolérable de la fréquence des dommages est fixée, la procédure permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire la fréquence des dommages à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61643 (toutes les parties), *Parafoudres basse tension*

IEC 62305-1:2024, *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux*

IEC 62305-3:2024, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62305-4:2024, *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures*

IEC 62793, *Systèmes d'alerte aux orages – Protection contre la foudre*

IEC 62858, *Densité de foudroiement basée sur des systèmes de localisation de la foudre – Principes généraux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

structure à protéger

tout endroit, installation ou bâtiment susceptible de contenir des personnes, des animaux, des matériaux ou des systèmes

Note 1 à l'article: Une structure à protéger peut faire partie d'une structure de plus grandes dimensions.

3.2

structure qui présente un risque d'explosion

structures associées qui comportent des zones dangereuses comme cela est déterminé conformément à l'IEC 60079-10-1 [3] et à l'IEC 60079-10-2 [4] ou des matériaux explosifs solides

Note 1 à l'article: L'IEC 60079-10-1 et l'IEC 60079-10-2 ne traitent pas des dangers liés aux explosifs solides.

3.3

structure dangereuse pour l'environnement

structure qui peut être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques et radioactives à la suite d'un foudroiement

EXEMPLE Usines chimiques, pétrochimiques.

3.4

environnement urbain

zone qui présente une forte densité de bâtiments ou une population importante et des bâtiments élevés

EXEMPLE Centre-ville.

3.5

environnement suburbain

zone qui présente une densité moyenne de bâtiments

EXEMPLE Zones à la périphérie immédiate des villes, communautés résidentielles.

3.6

environnement rural

zone qui présente une faible densité de bâtiments

EXEMPLE Campagne.

3.7

tension assignée de tenue aux chocs

U_W

valeur de tension assignée de tenue aux chocs fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, seule la tension de tenue entre les conducteurs actifs et la terre est prise en compte.

[SOURCE: IEC 60664-1:2020, 3.1.18 [5], modifié – Le symbole U_{imp} a été remplacé par U_W , dans la définition "surtensions transitoires" a été remplacé par "tensions" et la Note à l'article a été ajoutée.]

3.8

réseau de puissance

réseau qui comprend des composants de l'alimentation basse tension

3.9**réseau de communication**

réseau qui comprend des composants électroniques sensibles tels que le matériel de communication, les systèmes informatiques, de commande et d'instrumentation, les systèmes radioélectriques et les installations électroniques de puissance

3.10**réseaux internes**

réseaux de puissance et de communication d'une structure

3.11**ligne**

ligne de puissance ou de communication connectée à la structure à protéger

3.12**ligne de communication**

ligne prévue pour la communication entre des matériels qui peuvent être situés dans des structures distinctes

EXEMPLE Lignes téléphoniques, lignes de données.

3.13**ligne de puissance**

ligne de distribution alimentant en énergie électrique les équipements électriques et électroniques d'une structure

EXEMPLE Réseaux électriques basse tension (BT) ou haute tension (HT).

3.14**événement dangereux**

impact de foudre direct ou à proximité de la structure à protéger, ou direct ou à proximité d'une ligne connectée à la structure à protéger, susceptible de provoquer des dommages

3.15**impact de foudre sur une structure**

coup de foudre qui frappe une structure à protéger

3.16**impact de foudre à proximité d'une structure**

coup de foudre qui frappe suffisamment près d'une structure à protéger pour pouvoir causer des surtensions dangereuses

3.17**impact de foudre sur une ligne**

coup de foudre qui frappe une ligne connectée à la structure à protéger

3.18**impact de foudre à proximité d'une ligne**

coup de foudre qui frappe suffisamment près d'une ligne connectée à la structure à protéger pour pouvoir causer des surtensions dangereuses

3.19**densité de foudroiement au sol**

N_G

nombre moyen d'éclairs nuage-sol par unité de surface et par unité de temps (éclairs $\times$ km⁻² $\times$ an⁻¹)

Note 1 à l'article: Les coups de foudre au sol peuvent avoir plusieurs points d'impact au sol.

3.20

densité de points d'impact au sol de la foudre

N_{SG}

nombre moyen de points d'impact au sol ou sur des objets situés au sol, par unité de surface et par unité de temps (points d'impact $\times$ km⁻² $\times$ an⁻¹)

3.21

fréquence des événements dangereux dus aux impacts sur une structure

N_D

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux impacts de foudre sur une structure

3.22

fréquence des événements dangereux dus aux impacts sur une ligne

N_L

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux impacts de foudre sur une ligne

3.23

fréquence des événements dangereux dus aux impacts à proximité d'une structure

N_M

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux impacts de foudre à proximité d'une structure

3.24

fréquence des événements dangereux dus aux impacts à proximité d'une ligne

N_I

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux impacts de foudre à proximité d'une ligne

3.25

impulsion électromagnétique de foudre

IEMF

champ électromagnétique qui varie rapidement dans le temps, qui est émis par la foudre et qui crée des chocs par couplage résistif, inductif, capacitif et électromagnétique aux circuits

3.26

choc

onde transitoire qui crée une surtension ou une surintensité, due aux impulsions électromagnétiques de foudre (IEMF) couplées aux lignes et aux matériels

3.27

nœud

point d'une ligne où la propagation d'un choc peut être négligée

EXEMPLE Une sous-station HT pour une ligne de puissance, ou un central de communications pour une ligne de communication.

3.28

dommages physiques

dommage subi par une structure (ou son contenu) en raison des effets mécaniques, thermiques, chimiques et explosifs de la foudre

3.29

blessures sur des êtres humains

blessures, y compris la mort, de personnes causées par la foudre

Note 1 à l'article: La question des animaux est traitée par la fréquence des dommages ou les pertes L2.

3.30**défaillance des réseaux internes**

dommage des réseaux de puissance et de communication dû aux impulsions électromagnétiques de foudre (IEMF)

3.31**probabilité de dommages** P

probabilité qu'un événement dangereux entraîne des dommages dans la zone concernée ou au système interne de la structure à protéger

3.32**fréquence des dommages** F

valeur du nombre annuel d'événements qui provoquent des dommages et qui sont susceptibles de se produire sur les réseaux internes à la structure à protéger

3.33**composante de fréquence des dommages** F_X

fréquence partielle des dommages, qui dépend de la source des dommages

3.34**fréquence tolérable des dommages** F_T

valeur maximale de la fréquence des dommages qui peut être tolérée par les matériels dans la structure ou dans une zone à protéger

3.35**pertes** L_X

étendue moyenne d'un type spécifié de dommage consécutif à un événement dangereux, dans la zone concernée d'une structure

3.36**service**

fonction réalisée par les réseaux internes à la structure afin de répondre à un besoin spécifique

3.37**risque** R

perte moyenne annuelle probable due à la foudre, subie par une structure ou une zone spécifique de la structure

3.38**composante de risque** R_X

risque partiel qui dépend de la source et du type de dommage

3.39**risque tolérable** R_T

valeur maximale du risque qui peut être tolérée pour la structure à protéger

3.40

zone à risque

Z_x

<d'une structure> partie d'une structure dont les caractéristiques sont homogènes et dans laquelle un seul jeu de paramètres est applicable à l'appréciation du risque

Note 1 à l'article: Une structure peut contenir une ou plusieurs zones.

3.41

section d'une ligne

S_L

partie d'une ligne dont les caractéristiques sont homogènes et pour laquelle un seul jeu de paramètres est utilisé dans l'évaluation d'une composante du risque ou de la fréquence des dommages

3.42

zone de protection contre la foudre

ZPF

zone dont l'environnement électromagnétique est défini

Note 1 à l'article: Les frontières d'une ZPF ne sont pas nécessairement physiques.

3.43

niveau de protection contre la foudre

NPF

chiffre lié à un ensemble de paramètres du courant de foudre et relatif à la probabilité que les valeurs de conception associées maximales et minimales ne soient pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle

Note 1 à l'article: Un niveau de protection contre la foudre est utilisé pour prévoir des mesures de protection conformément à l'ensemble approprié de paramètres du courant de foudre.

3.44

mesures de protection

mesures adoptées dans la structure à protéger pour réduire le risque ou la fréquence des dommages

3.45

protection contre la foudre

PCLF

mesures prises pour protéger des structures contre les effets de la foudre, y compris leurs réseaux internes, leur contenu et les personnes qui s'y trouvent, qui comprennent généralement un SPF et une MPF

Note 1 à l'article: Il est également admis de faire appel à des mesures de protection auxiliaires telles qu'un système d'alerte aux orages (TWS).

3.46

système de protection contre la foudre

SPF

système complet utilisé pour réduire les dangers de blessures sur des êtres vivants et de dommages physiques dus aux coups de foudre sur une structure

Note 1 à l'article: Un système de protection contre la foudre comprend à la fois un système de protection contre la foudre d'extérieur et un système de protection contre la foudre d'intérieur.

3.47**mesures de protection contre la foudre****MPF**

mesures prises pour protéger les réseaux internes contre les effets de l'IEMF

Note 1 à l'article: Les mesures de protection contre les chocs font partie d'une protection globale contre la foudre.

3.48**blindage électromagnétique**

écran en matériau conducteur destiné à réduire la pénétration d'un champ électromagnétique qui varie dans le temps dans la structure à protéger, ou une partie de celle-ci, afin de réduire les défaillances des réseaux internes

3.49**câble de protection contre la foudre**

câble spécial avec une tension assignée de tenue aux chocs U_w supérieure à U_w du matériel connecté et qui dispose d'une gaine métallique en contact permanent avec le sol, que ce soit de manière directe ou par l'intermédiaire d'un revêtement plastique conducteur

3.50**conduit de protection contre la foudre**

conduit de faible résistivité en contact avec le sol

EXEMPLE Conduits en béton armé avec connexion aux structures métalliques internes, conduits métalliques.

3.51**dispositif de protection contre les surtensions****parafoudre****SPD**

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

Note 1 à l'article: L'abréviation "SPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surge protective device".

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1 [6], modifié – Le terme "surtensions" a été remplacé par "surtensions transitoires" et la Note a été supprimée.]

3.52**système de protection par parafoudres coordonnés**

système composé de parafoudres choisis, coordonnés et mis en œuvre de manière appropriée afin de constituer un réseau destiné à réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

3.53**interface d'isolement**

dispositif capable de réduire les chocs conduits sur une ligne qui pénètre dans la zone de protection contre la foudre (ZPF)

Note 1 à l'article: L'interface d'isolement comprend des transformateurs d'isolement à écran mis à la terre entre les enroulements, les câbles fibroniques non métalliques et les optoisolateurs.

Note 2 à l'article: Les caractéristiques de tenue d'isolement de ce dispositif adaptées à cette application sont fournies de manière intrinsèque ou par l'intermédiaire d'un parafoudre.

3.54

liaison équipotentielle de foudre

EB

interconnexion des parties métalliques d'un SPF, par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrées par le courant de foudre

Note 1 à l'article: L'abréviation "EB" est dérivée du terme anglais développé correspondant "equipotential bonding".

3.55

système d'alerte aux orages

TWS

système composé d'un ou de plusieurs détecteurs d'orage capables de surveiller l'activité orageuse ou l'activité orageuse à venir dans la zone de surveillance (MA) et d'outils qui permettent de traiter les données acquises pour déclencher une alarme (alerte) valide en cas de phénomène de foudre (LRE) ou de conditions de foudre (LRC) pour une zone environnante (SA) définie

Note 1 à l'article: Dans certains pays, les TWS sont appelés "systèmes d'alerte à la foudre".

Note 2 à l'article: L'abréviation "TWS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "thunderstorm warning system".

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.23]

3.56

phénomène de foudre

LRE

phénomène où un ou plusieurs éclairs nuage-sol (CG) surviennent à l'intérieur de la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: L'abréviation "LRE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "lightning-related event".

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.15]

3.57

conditions de foudre

LRC

champ électrique statique qui a atteint un niveau suffisamment élevé pour s'attendre à la survenue d'un éclair à tout moment dans la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: L'abréviation "LRC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "lightning-related conditions".

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.16]

3.58

zone de surveillance

MA

zone géographique dans laquelle l'activité orageuse ou l'activité orageuse à venir (la survenue d'un éclair est attendue à tout moment) est surveillée afin de produire des alertes valides pour la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: La zone de surveillance est de taille inférieure ou égale à la zone de couverture.

Note 2 à l'article: L'abréviation "MA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "monitoring area".

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.18]

3.59**zone environnante****SA**

zone géographique dans laquelle un phénomène de foudre (LRE) occasionne un danger potentiel et qui entoure et inclut la cible (TA) à protéger

Note 1 à l'article: Tout phénomène de foudre (LRE) qui survient dans la zone environnante (SA) est potentiellement dangereux pour la cible. Cette zone est utilisée lors de l'évaluation d'un système d'alerte aux orages (TWS) afin d'établir les paramètres de performance tels que le taux de défaillance d'alerte (FTWR).

Note 2 à l'article: L'abréviation "SA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surrounding area".

[SOURCE: IEC 62793:2020, 3.1.20]

3.60**zone 0**

emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse est présente en permanence, ou pour de longues périodes ou fréquemment

Note 1 à l'article: Les termes "longues" et "fréquemment" sont destinés à décrire une très forte probabilité de présence d'une atmosphère potentiellement explosive dans l'emplacement. À cet égard, il n'est pas nécessaire de quantifier ces termes.

[SOURCE: IEC 60079-10-1:2020, 3.3.4 [3]]

3.61**zone 1**

emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal

[SOURCE: IEC 60079-10-1:2020, 3.3.5 [3]]

3.62**zone 2**

emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal, mais qui si c'est le cas, peut persister uniquement sur une durée courte

[SOURCE: IEC 60079-10-1:2020, 3.3.6 [3]]

3.63**zone 20**

emplacement dans lequel une atmosphère explosive poussiéreuse, sous la forme de nuage de poussière dans l'air, est présente en permanence, ou pendant de longues périodes ou fréquemment

[SOURCE: IEC 60079-10-2:2015, 3.25.1 [4]]

3.64**zone 21**

emplacement dans lequel une atmosphère explosive poussiéreuse, sous la forme de nuage de poussière dans l'air, est susceptible de se présenter occasionnellement, en fonctionnement normal

[SOURCE: IEC 60079-10-2:2015, 3.25.2 [4]]

3.65

zone 22

emplacement dans lequel une atmosphère explosive poussiéreuse, sous la forme de nuage de poussières combustibles dans l'air, n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal, mais peut persister uniquement pendant une courte durée

Note 1 à l'article: La possibilité de créer un nuage de poussière explosif à partir d'une couche de poussière nécessite aussi d'être prise en compte.

[SOURCE: IEC 60079-10-2:2015, 3.25.3 [4]]

3.66

structure adjacente

structure reliée à la structure soumise à l'étude par au moins une ligne

4 Symboles et abréviations

A_D	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure isolée.....	A.2.1.2
A_D'	Surface d'exposition pour les toitures élevées saillantes	A.2.1.3
A_{DJ}	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure adjacente	A.2.5
A_I	Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une ligne	Article A.5
A_L	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une ligne	Article A.4
A_M	Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité de la structure ..	Article A.3
B	Bâtiment	A.2.2
C_D	Facteur d'emplacement.....	Tableau A.1
C_{DJ}	Facteur d'emplacement d'une structure adjacente.....	A.2.5, Tableau A.1
C_E	Facteur d'environnement	Tableau A.4
C_I	Facteur d'installation de la ligne.....	Tableau A.2
C_{LD}	Facteur qui dépend des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolement de la ligne pour les impacts sur une ligne	Tableau B.9
C_{LI}	Facteur qui dépend des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolement de la ligne pour les impacts à proximité d'une ligne	Tableau B.9
C_T	Facteur de type de ligne dû à la présence d'un transformateur HT/BT sur la ligne.....	Tableau A.3
D_{1D}	Choc électrique qui résulte d'impacts qui frappent directement des êtres humains	5.2
D_{1T}	Choc électrique qui frappe des êtres humains à la suite d'un couplage résistif et inductif	5.2
D_2	Étincelage dangereux qui entraîne un incendie ou une explosion.....	5.2
D_3	Chocs dus à toutes les sources de dommages.....	5.2
F	Fréquence des dommages.....	9.1
F_C	Fréquence des dommages dus à des impacts sur la structure (source S_1).....	9.1
F_M	Fréquence des dommages dus à des impacts à proximité de la structure (source S_2).....	9.1

F_T	Fréquence tolérable des dommages	9.3
F_W	Fréquence des dommages dus à des impacts sur la ligne (source S_3)	9.1
F_Z	Fréquence des dommages dus à des impacts à proximité de la ligne (source S_4)	9.1
H	Hauteur de la structure	A.2.1.2
k	Facteur qui lie N_G à N_{SG}	Article A.1
K_{S1}	Facteur associé à l'efficacité de blindage de la structure	Article B.6
K_{S2}	Facteur associé à l'efficacité de blindage des écrans internes à la structure	Article B.6
K_{S3}	Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne	Article B.6
L	Longueur de structure	A.2.1.2
L_1	Pertes dues à des blessures sur des êtres humains	5.3
L_2	Pertes dues à des dommages physiques causés à la structure et à son contenu	5.3
L_3	Pertes dues à une défaillance des réseaux de puissance et de communication	5.3
L_{AD}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains par choc électrique qui résulte de coups de foudre frappant directement ces êtres humains (impacts sur une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{AT}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains par choc électrique résultant d'un couplage résistif et inductif (impacts sur une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{B1}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains, causées par des dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{B2}	Pertes liées à des dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{BT}	Pertes totales liées à des dommages physiques sur une structure, y compris des dommages d'environnement (impacts sur une structure)	Article C.2
L_{C1}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains, causées par des défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{C2}	Pertes associées à des défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_D	Rapport type moyen du nombre de personnes blessées par coup de foudre direct du fait d'un événement dangereux sur le nombre total de personnes exposées dans la zone	Article C.2
L_E	Rapport type moyen des pertes à l'extérieur de la structure du fait d'un événement dangereux sur le montant maximal des pertes dans la zone	Article C.2
L_{F1}	Rapport type moyen du nombre de personnes blessées par un incendie ou une explosion du fait d'un événement dangereux sur le nombre total de personnes dans la zone	Article C.2
L_{F2}	Rapport type moyen des dommages physiques causés par un incendie ou une explosion du fait d'un événement dangereux sur le montant maximal des dommages dans la zone	Article C.2
L_L	Longueur de la section de la ligne	Article A.4

L_{M1}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains, causées par des défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{M2}	Pertes associées à des défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure)	Tableau 3, Article C.2
L_{O1}	Rapport type moyen du nombre de personnes blessées par des défaillances des réseaux internes du fait d'un événement dangereux sur le nombre total de personnes dans la zone	Article C.2
L_{O2}	Rapport type moyen des dommages physiques causés par des défaillances des réseaux internes du fait d'un événement dangereux sur le montant maximal des dommages dans la zone	Article C.2
L_T	Rapport type moyen du nombre de personnes blessées par des tensions de contact et de pas du fait d'un événement dangereux sur le nombre total de personnes dans la zone	Article C.2
L_{UT}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains par choc électrique qui résulte d'un couplage résistif et inductif (impacts sur une ligne)	Article C.2
L_{V1}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains, causées par des dommages physiques sur une structure (impacts sur une ligne)	Article C.2
L_{V2}	Pertes occasionnées à une structure, liées à des dommages physiques (impacts sur une ligne)	Article C.2
L_{VT}	Pertes totales occasionnées à une structure, liées à des dommages physiques, y compris des dommages d'environnement (impacts sur une ligne)	Article C.2
L_{W1}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains, causées par des défaillances des réseaux internes (impacts sur une ligne)	Article C.2
L_{W2}	Pertes associées à des défaillances des réseaux internes (impacts sur une ligne)	Article C.2
L_X	Pertes consécutives à des dommages	8.1
L_{Z1}	Pertes liées à des blessures sur des êtres humains, causées par des défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une ligne)	Article C.2
L_{Z2}	Pertes associées à des défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une ligne)	Article C.2
n'	Nombre de conducteurs dans un câble	Tableau B.7
n	Nombre total de conducteurs de câbles et de chemins conducteurs externes	Tableau B.7
N_D	Nombre annuel d'événements dangereux dus à des impacts sur une structure	A.2.4
N_{DJ}	Nombre d'événements dangereux dus à des impacts sur une structure adjacente ..	A.2.5
N_G	Densité annuelle de foudroiement au sol	Article A.1
N_I	Nombre d'événements dangereux dus aux impacts à proximité d'une ligne	Article A.5
N_L	Nombre d'événements dangereux dus aux impacts sur une ligne	Article A.4
N_M	Nombre d'événements dangereux dus aux impacts à proximité d'une structure	Article A.3
N_{SG}	Densité annuelle de points d'impact au sol de la foudre	Article A.1
N_X	Nombre annuel d'événements dangereux	8.1, 9.2
P_{AD}	Probabilité qu'un impact sur une structure provoque un choc sur une personne	Article B.3

P_{am}	Probabilité qu'un impact sur une structure provoque des blessures sur des êtres humains dues à des tensions de contact et de pasArticle B.2
P_{AT}	Probabilité qu'un impact sur une structure provoque des tensions dangereuses de contact et de pasArticle B.2
P_B	Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)...Article B.4
P_C	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)...Article B.5
P_e	Probabilité qu'un matériel soit exposé à un événement dommageableArticle B.12
P_{EB}	Probabilité qu'une étincelle apparaisse entre des sections conductrices électriquement isolées, malgré une protection par liaison équipotentielle de foudre (EB)Article B.7, Tableau B.13
P_{LD}	Probabilité de réduction de P_U , P_V et P_W en fonction des caractéristiques de la ligne et de la tension de tenue du matériel (impacts sur la ligne connectée)Article B.7
P_{LPS}	Probabilité qui dépend du NPF du système de protection contre la foudre (SPF)Article B.3
P_M	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure)Article B.6
P_{MS}	Probabilité de réduction de P_M en fonction du blindage, du câblage et de la tension de tenue du matérielArticle B.6
P_O	Facteur de probabilité en fonction de la position d'une personne dans la zone exposéeArticle B.3
P_P	Probabilité qu'une personne se trouve à un emplacement dangereuxArticle B.11
P_Q	Probabilité que la valeur de la charge associée au courant qui traverse le parafoudre dépasse la valeur tolérée par le parafoudre..... Annexe D
P_S	Probabilité qu'un impact sur une structure provoque un étincelage dangereux..Article B.4
P_{SPD}	Probabilité qu'un appareil soit endommagé malgré sa protection par un système de protection par parafoudres coordonnés..... Tableau B.8, Tableau B.9
P_{TWS}	Probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cibleArticle B.1
P_U	Probabilité de blessures sur des êtres humains par choc électrique (impacts sur une ligne connectée)Article B.7
P_{Up}	Probabilité que la valeur de tension résiduelle sur un SPD dépasse le niveau de protection exigé U_p , pertinent pour le courant qui traverse le SPD..... Annexe D
P_V	Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une ligne connectée).....Article B.8
P_W	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur une ligne connectée)Article B.9
P_X	Probabilité de dommages 8.1, 9.2
P_Z	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une ligne connectée).....Article B.10
r_f	Facteur de réduction de pertes associées au risque d'incendieArticle B.4

r_M	Distance conventionnelle	Article A.3, Article A.5
r_p	Facteur de réduction de pertes dues aux dispositions contre l'incendie	Article B.4
r_t	Facteur de réduction associé au type de surface	Article B.2
R	Risque	6.1, 6.3.1, 6.3.2
R_{AD}	Composante de risque (blessures causées par un éclair qui frappe des êtres humains exposés sur une structure – impacts sur une structure)	6.2.1, Tableau 2, Tableau 3
R_{AT}	Composante de risque (blessures sur des êtres humains causées par un choc électrique en raison de tensions de contact et de pas – impacts sur une structure)	6.2.1, Tableau 2, Tableau 3
R_B	Composante de risque (dommages physiques sur une structure – impacts sur une structure)	6.2.1, Tableau 2, Tableau 3
R_C	Composante de risque (défaillances des réseaux internes – impacts sur une structure)	6.2.1, Tableau 2, Tableau 3
R_M	Composante de risque (défaillances des réseaux internes – impacts à proximité d'une structure)	6.2.2, Tableau 2, Tableau 3
R_S	Résistance de blindage par unité de longueur d'un câble	Tableau B.12, Tableau B.13
R_T	Risque tolérable	7.3
R_U	Composante de risque (blessures sur des êtres humains – impacts sur une ligne connectée)	6.2.3, Tableau 2, Tableau 3
R_V	Composante de risque (dommages physiques sur une structure – impacts sur une ligne connectée)	6.2.3, Tableau 2, Tableau 3
R_W	Composante de risque (défaillances des réseaux internes – impacts sur une ligne connectée)	6.2.3, Tableau 2, Tableau 3
R_X	Composante de risque pour une structure	8.1
R_Z	Composante de risque (défaillances des réseaux internes – impacts à proximité d'une ligne)	6.2.4, Tableau 2, Tableau 3
S	Structure	A.2.2
S_1	Source de dommages – impacts sur une structure	5.1, Tableau 3
S_2	Source de dommages – impacts à proximité d'une structure	5.1, Tableau 3
S_3	Source de dommages – impacts sur une ligne	5.1, Tableau 3
S_4	Source de dommages – impacts à proximité d'une ligne	5.1, Tableau 3
S_L	Section d'une ligne	8.4
t_z	Temps, en heures, par année de présence de personnes à un emplacement dangereux	Article B.11
U_W	Tension de choc assignée d'un réseau	Article A.3, Article A.5, Article B.7
w_m	Largeur de maille	Article B.6
W	Largeur de structure	A.2.1.2
X	Indice générique de la composante de risque, du nombre d'événements dangereux, de la probabilité et des pertes	8.1, 9.2
Z_S	Zones d'une structure	8.3

5 Dommages et pertes

5.1 Source de dommages

Le courant de foudre est la source principale des dommages. Les détails relatifs aux courants de foudre et aux propriétés de la foudre doivent être pris en compte, conformément à l'IEC 62305-1:2024. Les sources suivantes sont distinguées en fonction de l'emplacement du point d'impact:

- S1: impacts sur la structure;
- S2: impacts à proximité de la structure;
- S3: impacts sur une ligne connectée à la structure;
- S4: impacts à proximité d'une ligne connectée à la structure.

5.2 Causes de dommages

Un impact de foudre peut entraîner des dommages qui dépendent, à plus d'un titre, des caractéristiques de la structure évaluée. Parmi les caractéristiques les plus importantes, il y a le type de construction, le contenu et ses applications, le type de service et les mesures de protection prises. Les dommages physiques sur les structures et les risques humains doivent être pris en compte, conformément à l'IEC 62305-3.

En conséquence, quatre causes de dommages peuvent être distinguées:

- D_{1D} : choc électrique qui frappe des êtres humains à la suite d'un coup de foudre;
- D_{1T} : choc électrique qui frappe des êtres humains à la suite d'un couplage résistif et inductif;
- D_2 : étincelage dangereux à l'intérieur de la structure, qui déclenche un incendie ou une explosion ou provoque des effets mécaniques et chimiques, ou les deux, qui peuvent également mettre en danger l'environnement;
- D_3 : chocs dus à toutes les sources de dommages qui entraînent des défaillances des réseaux internes.

Les dommages à une structure dus à la foudre peuvent être limités à une partie de la structure ou peuvent s'étendre à l'ensemble de celle-ci. Ils peuvent également concerner les structures environnantes ou l'environnement (structures dangereuses pour l'environnement).

5.3 Type de perte

Chaque type de dommage propre à une structure à protéger, qu'elle soit seule ou associée, peut entraîner différents types de pertes. Le type de perte qui peut apparaître dépend des caractéristiques de la structure elle-même.

Pour les besoins du présent document, les types de pertes suivants, qui peuvent apparaître à la suite de coups de foudre, sont envisagés:

- L_1 : pertes dues à des blessures sur des êtres humains. Ce type de dommage est associé aux causes D_{1D} , D_{1T} , D_2 voire D_3 dans les structures dans lesquelles une défaillance des réseaux internes met en danger la vie humaine, par exemple dans les structures avec risque d'explosion et dans les hôpitaux;
- L_2 : pertes dues aux dommages physiques de la structure et de son contenu. Ce type de dommage est associé aux causes D_2 et D_3 (D_3 dans les structures avec risque d'explosion, en général);

L_3 : pertes dues à une défaillance des réseaux internes. Ce type de dommage est associé à la cause D_3 .

NOTE 1 Les pertes L_3 ne concernent pas les dommages physiques causés à un réseau interne. Elles se concentrent sur les chocs qui altèrent la fonction assurée par le réseau interne.

Le calcul du risque s'applique à toutes les structures lorsque les types de pertes L_1 ou L_2 sont impliqués.

Le type de dommage L_3 peut altérer de manière inacceptable les services fournis par les réseaux internes de la structure. Dans ce cas, le calcul de la fréquence des dommages est effectué en complément du calcul du risque. La fréquence des dommages peut englober les pertes économiques pures ou les pertes de services. Lorsque des dommages occasionnés aux réseaux internes entraînent des conséquences pour l'environnement ou impliquent du matériel essentiel lié à la sécurité, il convient d'évaluer l'incidence des pertes par calcul du risque et non pas par le biais de la fréquence des dommages. La protection contre la foudre des réseaux de puissance et de communication dans les structures doit être prise en compte, conformément à l'IEC 62305-4:2024 et à la série IEC 61643.

NOTE 2 La perte d'un patrimoine national est traitée par les pertes L_2 et la perte d'un service public est traitée par F et par les pertes L_2/L_3 .

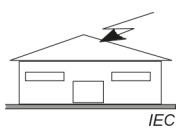
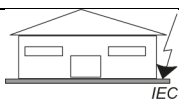
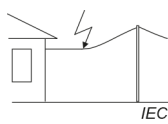
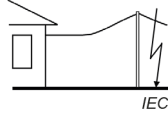
6 Risque et composantes de risque

6.1 Risque

Le risque R doit être évalué compte tenu de la sécurité des personnes (type de perte L_1) et de la structure et de son contenu (type de perte L_2).

Pour évaluer le risque R , les composantes de risque (risques partiels qui dépendent de la source de dommages et du type de perte) doivent être définies et calculées (voir le Tableau 1).

Tableau 1 – Sources de dommages, causes de dommages, types de pertes et composantes de risque en fonction du point d'impact

Point d'impact		Source de dommages	Causes de dommages	Type de perte	Composante de risque
Structure		S1	D_{1T}	L_1	R_{AT}
			D_{1D}^c	L_1	R_{AD}
			D_2	L_1, L_2	R_{B1}, R_{B2}
			D_3	L_1^a, L_2^b	R_{C1}, R_{C2}
À proximité de la structure		S2	D_3	L_1^a, L_2^b	R_{M1}, R_{M2}
Lignes connectées à la structure		S3	D_{1T}	L_1	R_U
			D_2	L_1, L_2	R_{V1}, R_{V2}
			D_3	L_1^a, L_2^b	R_{W1}, R_{W2}
À proximité des lignes connectées à la structure		S4	D_3	L_1^a, L_2^b	R_{Z1}, R_{Z2}
Les composantes de risque de la dernière colonne sont calculées d'après le type de perte examiné (voir la colonne Type de perte). ^a En général pour les structures dans lesquelles une défaillance des réseaux internes met en danger la vie humaine, par exemple dans les structures avec risque d'explosion et dans les hôpitaux. ^b En général pour les structures avec risque d'explosion. ^c Cela concerne uniquement les personnes exposées sur une structure comme un parking sur un toit ou une terrasse, un balcon.					

Des exemples de calculs de risques sont fournis à l'Annexe F.

6.2 Composantes de risque

6.2.1 Composantes de risque pour une structure dû à la source S1

R_{AT} : composante liée au type de perte L_1 , causé par un choc électrique qui frappe des êtres humains du fait de tensions de contact et de pas dans la structure et, à l'extérieur, dans des zones jusqu'à 3 m autour des conducteurs de descente.

R_{AD} : composante liée au type de perte L_1 , causé par un éclair qui frappe des êtres humains exposés sur une structure.

R_B : composante liée aux types de pertes L_1 (R_{B1}) et L_2 (R_{B2}), causés par un étincelage dangereux dans la structure qui entraîne un incendie ou une explosion, ou qui a des répercussions mécaniques et chimiques, et qui peut également mettre en danger l'environnement.

R_C : composante liée aux types de pertes L_1 (R_{C1}) et L_2 (R_{C2}), causés par des défaillances des réseaux internes dues à l'IEMF. Des pertes peuvent généralement se produire dans le cas de structures avec risque d'explosion et dans le cas d'hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures sur des êtres humains ou de danger pour l'environnement.

6.2.2 Composante de risque pour une structure dû à la source S2

R_M : composante liée aux types de pertes L_1 (R_{M1}) et L_2 (R_{M2}), causés par des défaillances des réseaux internes dues à l'IMF. Des pertes peuvent se produire dans le cas de structures avec risque d'explosion et dans le cas d'hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures sur des êtres humains ou de danger pour l'environnement.

6.2.3 Composantes de risque pour une structure dû à la source S3

R_U : composante liée au type de perte L_1 , causé par un choc électrique qui frappe des êtres humains du fait des tensions de contact à l'intérieur de la structure.

R_V : composante liée aux types de pertes LL_1 (R_{V1}) et L_2 (R_{V2}), causés par un incendie ou une explosion (dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration de la ligne dans la structure) ou qui ont des répercussions mécaniques ou chimiques en raison du courant de foudre transmis dans les lignes entrantes.

R_W : composante liée aux types de pertes L_1 (R_{W1}) et L_2 (R_{W2}), causés par des défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure. Des pertes peuvent généralement se produire dans le cas de structures avec risque d'explosion et dans le cas d'hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures sur des êtres humains ou de danger pour l'environnement.

NOTE 1 Toutes les lignes connectées à la structure sont prises en compte dans l'évaluation.

NOTE 2 Les impacts de foudre sur ou à proximité de canalisations métalliques sont considérés comme une source de dommages, sauf si les canalisations sont reliées à une borne d'équipotentialité ou au réseau de mise à la terre du SPF à l'entrée de la structure.

6.2.4 Composante de risque pour une structure dû à la source S4

R_Z : composante liée aux types de pertes L_1 (R_{Z1}) et L_2 (R_{Z2}), causés par des défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure. Des pertes peuvent généralement se produire dans le cas de structures avec risque d'explosion et dans le cas d'hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures sur des êtres humains ou de danger pour l'environnement.

NOTE 1 Toutes les lignes connectées à la structure sont prises en compte dans l'évaluation.

NOTE 2 Les impacts de foudre sur ou à proximité de canalisations métalliques sont considérés comme une source de dommages, sauf si les canalisations sont reliées à une borne d'équipotentialité ou au réseau de mise à la terre du SPF à l'entrée de la structure.

6.2.5 Facteurs qui ont une incidence sur les composantes de risque pour une structure

Les caractéristiques de la structure, les mesures et dispositions prises lors d'un orage sont des facteurs qui ont une incidence sur les composantes de risque pour une structure. Les principaux facteurs sont indiqués dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Facteurs d'influence des composantes de risque

Caractéristiques de la structure ou des réseaux internes – Mesures de protection	R_{AT}^h	R_{AD}^h	R_B^h	R_C^h	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Surface d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X								
Résistivité du plancher	X					X			
Restrictions physiques, isolation, panneau d'avertissement, équipotentialité du sol	X					X			
Caractéristiques de construction de la structure	X		X						
SPF	X	X	X	X	X ^a	X ^b	X ^b		
Parafoudre d'équipotentialité	X		X			X	X		
Interfaces d'isolement				X ^c	X ^c	X	X	X	X
Système de protection par parafoudres coordonnés ^f				X	X			X	X
Blindage spatial				X	X				
Lignes externes blindées						X	X	X	X
Lignes internes blindées				X	X				
Précautions de cheminement				X	X				
Réseau d'équipotentialité				X					
Précautions incendie			X				X		
Sensibilité au feu			X				X		
Tension de tenue aux chocs				X	X	X	X	X	X
Systèmes d'alerte aux orages ^g	X ^d	X ^e		X	X	X ^e	X ^e	X ^e	X ^e
Présence de personnes	X	X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE Le matériel est généralement connecté à deux services différents, par exemple une ligne de puissance et une ligne de transmission de données. Si le matériel n'est connecté qu'à un seul service, le risque peut être surestimé dans le résultat.

^a Uniquement pour les SPF extérieurs maillés qui servent de blindage (voir le facteur KS1 à l'Annexe B).

^b En raison des équipotentialités.

^c Uniquement s'ils appartiennent au matériel.

^d Uniquement pour les zones à risque externes conformément aux dispositions activées à l'aide d'un système d'alerte aux orages (TWS) conforme à l'IEC 62793. Un TWS doit toujours être actif et fonctionnel, et il convient qu'il émette un message en cas de défaut.

^e Conformément aux dispositions activées à l'aide d'un système d'alerte aux orages (TWS) conforme à l'IEC 62793.

^f Principalement pour les structures dans lesquelles une défaillance des réseaux internes met en danger la vie humaine, par exemple dans les structures avec risque d'explosion et dans les hôpitaux.

^g Les mesures prises doivent être adaptées au cas étudié.

^h En cas de source de dommages S1, les mesures de protection ne sont efficaces qu'à l'intérieur de structures protégées par un SPF ou de structures à armature continue en métal ou en béton armé qui agit comme un SPF naturel.

6.3 Composition des composantes de risque

6.3.1 Composition des composantes de risque en fonction de la source des dommages

Le risque R est la somme de ses composantes de risque en fonction de la source de dommages ou du type de perte.

$$R = R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} + R_{S4} \quad (1)$$

où

$$R_{S1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{B2} + R_{C1} + R_{C2} \quad (2)$$

$$R_{S2} = R_{M1} + R_{M2} \quad (3)$$

$$R_{S3} = R_U + R_{V1} + R_{V2} + R_{W1} + R_{W2} \quad (4)$$

$$R_{S4} = R_{Z1} + R_{Z2} \quad (5)$$

R_{C1} , R_{M1} , R_{W1} et R_{Z1} s'appliquent généralement aux structures qui présentent un risque d'explosion et aux hôpitaux équipés de matériels de réanimation électriques ou à d'autres structures, lorsque les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures humaines ou de danger pour l'environnement.

R_{C2} , R_{M2} , R_{W2} et R_{Z2} s'appliquent généralement aux structures avec risque d'explosion.

NOTE 1 Une analyse peut justifier le fait qu'un matériel endommagé par une surtension puisse engendrer un incendie ou une explosion à l'intérieur du bâtiment. Dans ce cas, les composantes de risque correspondantes peuvent également être évaluées dans le cadre de l'appréciation du risque.

NOTE 2 La valeur du risque R obtenue en ajoutant les deux composantes de risque R_M et R_Z est surestimée. Dans les réseaux de puissance internes, la composante de risque R_M est généralement négligeable. Le risque peut être évalué de manière plus exacte en tenant compte du fait qu'un impact au sol a une incidence à la fois sur les réseaux internes par couplage inductif direct et sur la surtension induite sur les lignes connectées. Il en résulte que les composantes R_M et R_Z peuvent coïncider.

6.3.2 Composition des composantes de risque en fonction du type de perte

$$R = R_{L1} + R_{L2} \quad (6)$$

où

$$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_U + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1} \quad (7)$$

$$R_{L2} = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (8)$$

R_{C1} , R_{M1} , R_{W1} et R_{Z1} s'appliquent généralement aux structures qui présentent un risque d'explosion et aux hôpitaux équipés de matériels de réanimation électriques ou à d'autres structures, lorsque les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures humaines ou de danger pour l'environnement.

R_{C2} , R_{M2} , R_{W2} et R_{Z2} s'appliquent principalement aux structures avec risque d'explosion.

NOTE 1 Une analyse peut justifier le fait qu'un matériel endommagé par une surtension puisse engendrer un incendie ou une explosion à l'intérieur du bâtiment. Dans ce cas, les composantes de risque correspondantes peuvent également être évaluées dans le cadre de l'appréciation du risque.

NOTE 2 La valeur du risque R obtenue en ajoutant les deux composantes de risque R_M et R_Z est surestimée. Dans les réseaux de puissance internes, la composante de risque R_M est généralement négligeable. Le risque peut être évalué de manière plus exacte en tenant compte du fait qu'un impact au sol a une incidence à la fois sur les réseaux internes par couplage inductif direct et sur la surtension induite sur les lignes connectées. Il en résulte que les composantes R_M et R_Z peuvent coïncider.

NOTE 3 Les Équations (7) et (8) permettent d'évaluer séparément la contribution du risque de perte de vies humaines et du risque de perte de biens et de services au risque global.

7 Appréciation du risque

7.1 Procédure de base

La procédure suivante doit être appliquée:

- identification de la structure à évaluer et de ses caractéristiques;
- évaluation du risque R .

7.2 Structure à prendre en compte pour l'appréciation du risque

La structure à prendre en compte comprend:

- la structure elle-même;
- les installations contenues dans la structure;
- le contenu de la structure;
- les personnes qui se trouvent dans la structure, sur le toit de la structure ou dans des zones jusqu'à 3 m de l'extérieur de la structure;
- l'environnement compromis par un dommage sur la structure.

Les lignes à l'extérieur de la structure ne sont pertinentes que dans la mesure où elles peuvent acheminer des courants susceptibles d'endommager la structure.

NOTE La structure à prendre en compte peut être subdivisée en plusieurs zones à risque (voir le 8.3).

7.3 Procédure d'évaluation du besoin de protection pour le risque R

La protection contre la foudre est nécessaire si le risque R est supérieur au niveau de risque tolérable R_T .

$$R > R_T$$

Dans ce cas, des mesures de protection doivent être appliquées afin de réduire le risque R à un degré qui ne dépasse pas le niveau de risque tolérable R_T .

$$R \leq R_T$$

NOTE 1 Une valeur représentative du risque tolérable est $R_T = 10^{-5}$ [année] $^{-1}$. Des valeurs différentes peuvent être attribuées après une étude approfondie, en tenant compte de la vulnérabilité des êtres humains à l'intérieur et à l'extérieur de la structure étudiée, ainsi que de la criticité de la structure et de son environnement pour le public quant aux dommages physiques.

NOTE 2 Lorsqu'une évaluation du risque n'est pas exigée par ailleurs, la décision d'évaluer la nécessité de réduire ou non le risque R peut être prise par le propriétaire ou le gérant de la structure.

NOTE 3 Si $R \leq R_T$, la protection contre la foudre n'est pas nécessaire pour réduire le risque, mais peut être:

- utile pour réduire la fréquence des dommages aux réseaux internes (voir le 9.4);
- appropriée en vue de réduire de quelque façon que ce soit les pertes (ou l'indisponibilité des services).

Les étapes suivantes doivent être suivies pour déterminer si le risque dépasse le niveau tolérable:

- identification des composantes R_X qui constituent le risque;
- calcul des composantes de risque identifiées R_X ;
- calcul du risque total R (voir le 6.3);
- comparaison du risque R à la valeur tolérable R_T .

Si la structure est divisée en zones à risque Z_S (voir le 8.3), le risque R doit être évalué pour chaque zone Z_S .

Le risque R doit être comparé à R_T :

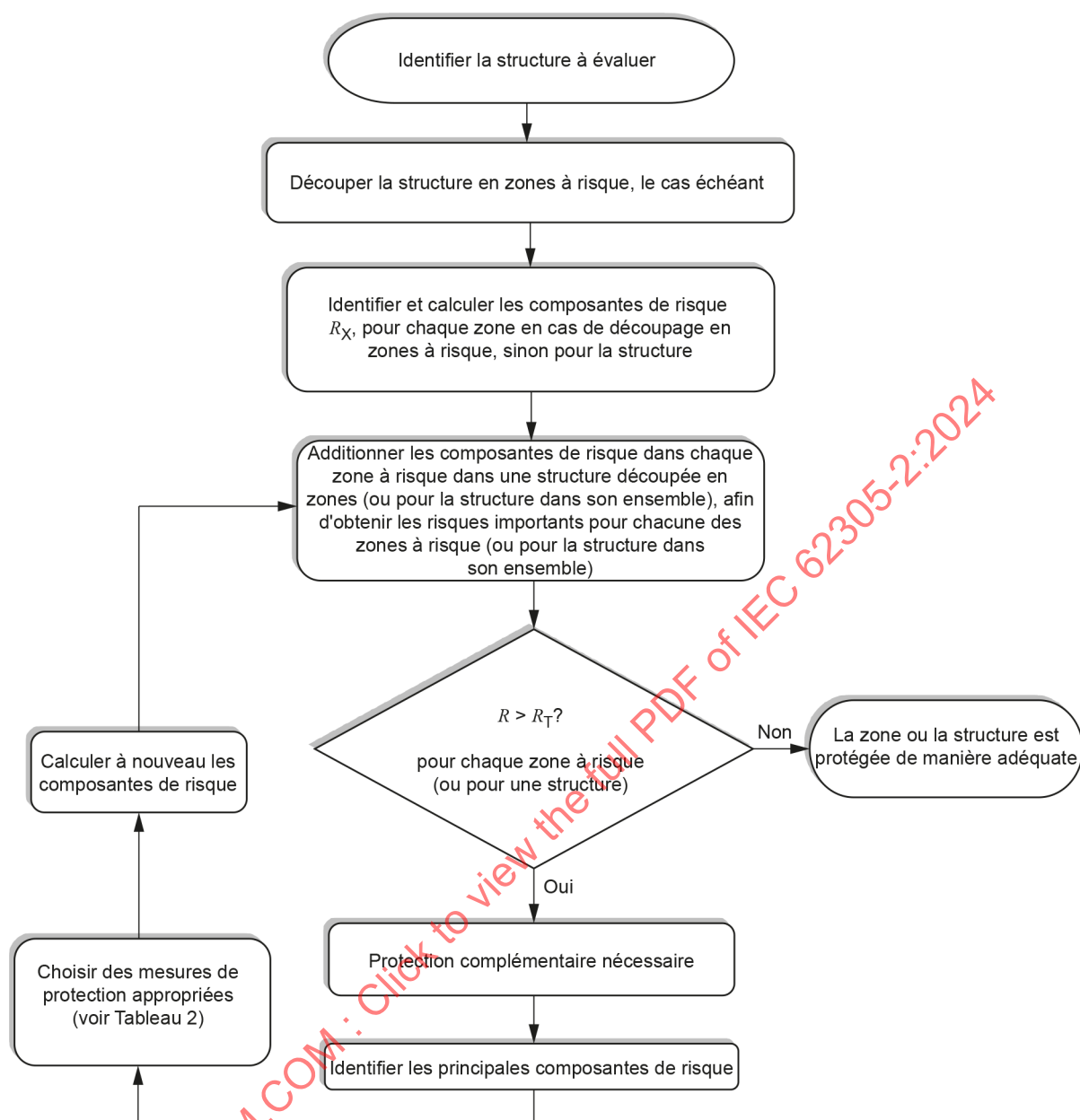
- pour chaque zone à risque de la structure dans une structure découpée en zones;
- pour l'ensemble de la structure dans une structure à une seule zone.

La Figure 1 représente la procédure d'évaluation du besoin de protection pour le risque R .

NOTE 4 En cas de source de dommages S_1 , les mesures de protection ne sont efficaces qu'à l'intérieur de structures protégées par un SPF ou de structures à armature continue en métal ou en béton armé qui agit comme un SPF naturel.

NOTE 5 Le propriétaire du site est informé lorsque le risque ne peut pas être réduit à un niveau tolérable, malgré la mise en œuvre des mesures de protection les plus efficaces suggérées. Si le risque peut être réduit de manière significative par des mesures préventives temporaires, un TWS conforme à l'IEC 62793 peut être installé.

Il convient de procéder à une évaluation lorsque les dommages causés à une structure par la foudre peuvent également concerner des structures environnantes ou l'environnement (propagation d'un incendie, explosion, émissions chimiques ou radioactives, par exemple).



IEC

Figure 1 – Procédure de décision du besoin de protection et de choix des mesures de protection pour réduire $R \leq R_T$

8 Évaluation des composantes de risque

8.1 Équation de base

Chaque composante de risque R_{AT} , R_{AD} , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W et R_Z , décrite dans le Tableau 3, peut être exprimée par l'équation générale suivante:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (9)$$

où

N_X est le nombre annuel d'événements dangereux (voir aussi l'Annexe A);

P_X est la probabilité de dommages (voir aussi l'Annexe B);

L_X est l'étendue des pertes consécutives (voir aussi l'Annexe C).

Le nombre N_X d'événements dangereux est influencé par la densité de points d'impact au sol de la foudre (N_{SG}) et par les caractéristiques physiques de la structure à protéger, son environnement, les lignes connectées et le sol. N_X doit être obtenu, comme cela est expliqué en détail à l'Annexe A, principalement à partir des données de systèmes de localisation de la foudre (LLS, *Lightning Location System*), lesquels doivent être conformes à l'IEC 62858.

La probabilité de dommages P_X est influencée par les caractéristiques de la structure à protéger, les lignes connectées, la présence de personnes et les mesures de protection fournies.

Les pertes consécutives L_X sont influencées par l'utilisation assignée à la structure.

Si la structure est divisée en zones à risque Z_S (voir le 8.3), chaque composante de risque doit être évaluée pour chaque zone à risque Z_S .

NOTE Lorsque les dommages sur une structure dus à la foudre peuvent également impliquer des structures environnantes ou l'environnement (par exemple, émissions chimiques ou radioactives), les pertes consécutives sont ajoutées à la valeur de L_X ou le concept décrit à l'Annexe E peut être appliqué.

8.2 Évaluation des composantes de risque dû à différentes sources de dommages

Les équations pour calculer les composantes de risque liées à chaque source de dommages sont données dans le Tableau 3.

Les valeurs des paramètres nécessaires au calcul des composantes de risque figurent à l'Annexe A, l'Annexe B et l'Annexe C.

Pour l'évaluation des composantes de risque associées aux impacts de foudre sur une ligne entrante (S3), les éléments suivants doivent être pris en compte:

- si la ligne comporte plusieurs sections (voir le 8.4), les valeurs de R_U , R_V et R_W sont la somme des valeurs R_U , R_V et R_W qui correspondent à chaque section de la ligne. Les sections à prendre en compte sont celles entre la structure et le premier nœud de la distribution. Lorsqu'aucune information relative à la longueur des sections n'est disponible, une longueur de ligne maximale de 1 km pour la somme des lignes de puissance HT et des lignes de puissance BT et une longueur de ligne maximale de 1 km pour les lignes de communication peuvent être admises par hypothèse;
- dans le cas d'une structure qui comporte plusieurs lignes connectées avec des cheminements différents qui viennent alimenter le même réseau interne, les calculs doivent être effectués pour chaque ligne;
- dans le cas d'une structure qui comporte plusieurs lignes connectées avec le même cheminement qui vient alimenter le même appareil, les calculs ne doivent être réalisés que pour la ligne qui donne les valeurs N_L les plus élevées (ligne de communication ou ligne de puissance, ligne non écrantée ou ligne écrantée, ligne de puissance BT ou ligne de puissance HT avec transformateur HT/BT, etc.).

NOTE Dans le cas de lignes qui présentent un chevauchement de la surface d'exposition, la zone de chevauchement n'est prise en compte qu'une seule fois.

Pour l'évaluation des composantes de risque associées aux impacts de foudre à proximité d'une ligne connectée à la structure (S4), les éléments suivants doivent être pris en compte:

- si la ligne comporte plusieurs sections (voir le 8.4), la valeur de R_Z est la somme des composantes R_Z qui correspondent à chaque section de la ligne. Les sections à prendre en compte sont celles entre la structure et le premier nœud de la distribution. Lorsqu'aucune information relative à la longueur des sections n'est disponible, une longueur de ligne maximale de 1 km pour la somme des lignes de puissance HT et des lignes de puissance BT et une longueur de ligne maximale de 1 km pour les lignes de communication peuvent être admises par hypothèse;
- dans le cas d'une structure qui comporte plusieurs lignes connectées avec des cheminements différents qui viennent alimenter le même réseau interne, les calculs doivent être effectués pour chaque ligne;
- dans le cas d'une structure qui comporte plusieurs lignes connectées avec le même cheminement qui vient alimenter le même réseau interne, les calculs ne doivent être réalisés que pour la ligne qui donne les valeurs N_l les plus élevées (ligne de communication ou ligne de puissance, ligne non écrantée ou ligne écrantée, ligne de puissance BT ou ligne de puissance HT avec transformateur HT/BT, etc.).

Si la structure est divisée en zones à risque Z_S (voir le 8.3), chaque composante de risque doit être évaluée pour chaque zone à risque Z_S .

Tableau 3 – Composantes de risque pour différentes sources de dommages et différents types de pertes

Type de perte	Source de dommages			
	S1 Impact de foudre sur une structure	S2 Impact de foudre à proximité d'une structure	S3 Impact de foudre sur une ligne (entrante)	S4 Impact de foudre à proximité d'une ligne
L ₁ Blessures sur êtres vivants	R_{AT} $= N_D \times P_{AT} \times P_P \times L_{AT}$		R_U $= (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times P_P \times L_{UT}$	
	R_{AD} $= N_D \times P_{AD} \times P_P \times L_{AD}$			
	R_{B1} $= N_D \times P_B \times P_P \times L_{B1}$		R_{V1} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times P_P \times L_{V1}$	
	R_{C1} $= N_D \times P_C \times P_P \times P_e \times L_{C1}$ Voir la note de bas de page "a".	R_{M1} $= N_M \times P_M \times P_P \times P_e \times L_{M1}$ Voir la note de bas de page "a".	R_{W1} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_P \times P_e \times L_{W1}$ Voir la note de bas de page "a".	R_{Z1} $= N_l \times P_Z \times P_P \times P_e \times L_{Z1}$ Voir la note de bas de page "a".
L ₂ Dommages physiques	R_{B2} $= N_D \times P_B \times L_{B2}$		R_{V2} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_{V2}$	
	R_{C2} $= N_D \times P_C \times P_e \times L_{C2}$ Voir la note de bas de page "b".	R_{M2} $= N_M \times P_M \times P_e \times L_{M2}$ Voir la note de bas de page "b".	R_{W2} $= (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e \times L_{W2}$ Voir la note de bas de page "b".	R_{Z2} $= N_l \times P_Z \times P_e \times L_{Z2}$ Voir la note de bas de page "b".
^a R_{C1}, R_{M1}, R_{W1} et R_{Z1} s'appliquent généralement aux structures avec risque d'explosion et pour les hôpitaux ou autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes entraînent des dangers mortels immédiats. ^b R_{C2}, R_{M2}, R_{W2} et R_{Z2} s'appliquent généralement aux structures avec risque d'explosion.				

8.3 Découpage d'une structure en zones à risque Z_S

Pour évaluer chaque composante de risque, une structure peut constituer (ou constituer par hypothèse) une zone simple ou peut être découpée en zones à risque Z_S , chacune possédant ses propres caractéristiques homogènes.

Les zones à risque Z_S sont généralement définies de la manière suivante:

- type de sol ou de plancher;
- compartiments à l'épreuve du feu;
- blindages spatiaux.

D'autres zones à risque peuvent être définies selon:

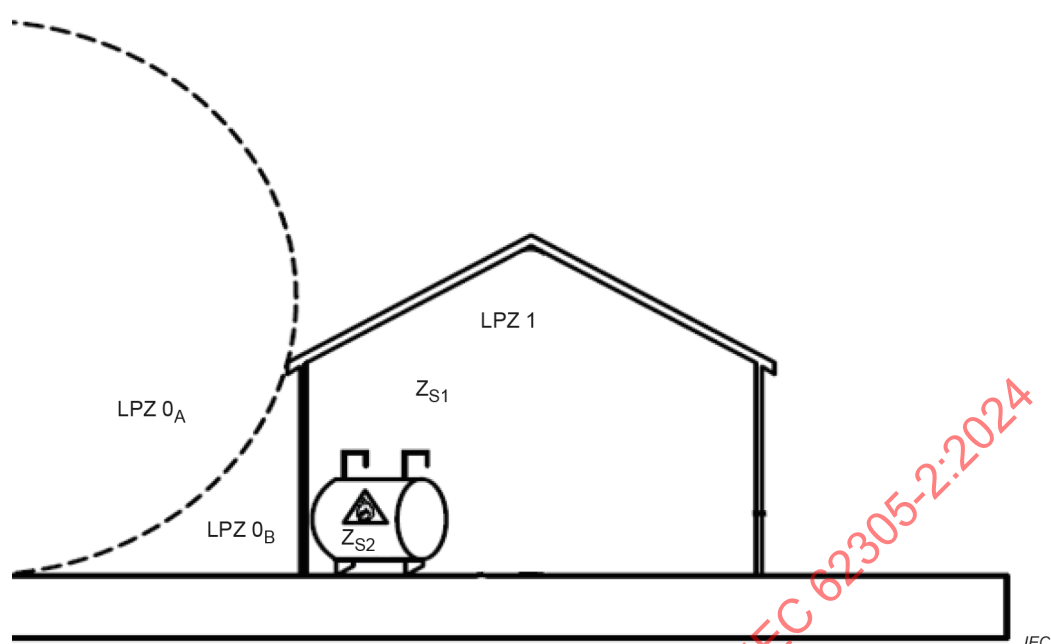
- la disposition des réseaux internes;
- les mesures de protection existantes ou à prévoir;
- les valeurs des pertes L_X .

Il convient que le découpage de la structure en zones à risque Z_S tienne compte de la faisabilité des mesures de protection les plus appropriées.

NOTE Il est souligné que les zones à risque Z_S sont définies par le concepteur pour l'appréciation du risque. Elles sont différentes des zones ZPF définies dans l'IEC 62305-1.

La Figure 2 donne un exemple de découpage en zones.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024



Légende

- LPZ 0_A impact direct, courant de foudre complet, champ électromagnétique complet
- LPZ 0_B pas d'impact direct, courant de foudre ou induit, champ électromagnétique complet
- LPZ 1 pas d'impact direct, courant de foudre limité ou induit, champ électromagnétique H1 atténué (zone où le courant de choc est limité par les interfaces de répartition et d'isolement du courant ou par des SPD disposés à la frontière. Le blindage spatial peut affaiblir le champ électromagnétique de foudre.)
- Z_{S1} exemple de zone n° 1
- Z_{S2} exemple de zone n° 2

Figure 2 – Exemple de découpage en zones

8.4 Découpage d'une ligne en sections S_L

Pour évaluer les composantes de risque dû à un impact sur ou à proximité d'une ligne, il peut être admis par hypothèse que la ligne est une section simple, ou que celle-ci peut être divisée en sections différentes S_L.

Pour toutes les composantes de risque, les sections S_L sont essentiellement définies par:

- le type de ligne (aérienne ou enterrée, C_I);
- les caractéristiques de la ligne (blindée ou non, résistance du blindage);
- d'autres facteurs (C_D, C_E, C_T).

Si plusieurs valeurs pour un paramètre existent dans une section, l'hypothèse retenue doit être la valeur de risque la plus élevée (défavorable).

8.5 Évaluation des composantes de risque dans une zone d'une structure découpée en zones à risque Z_S

8.5.1 Critères généraux

Pour l'évaluation des composantes de risque et le choix des paramètres pertinents concernés, les règles suivantes s'appliquent:

- les paramètres pertinents pour le nombre N d'événements dangereux doivent être évalués conformément à l'Annexe A;
- les paramètres pertinents pour la probabilité P de dommages doivent être évalués conformément à l'Annexe B.

De plus:

- pour les composantes R_A , R_{B1} , R_{B2} , R_U , R_{V1} , R_{V2} , R_{W1} , R_{W2} , R_{Z1} , et R_{Z2} , seule une valeur doit être fixée dans chaque zone à risque pour chacun des paramètres concernés. Si plusieurs valeurs s'appliquent, la valeur la plus élevée doit être choisie;
- pour les composantes R_{C1} , R_{C2} , R_{M1} , et R_{M2} , si plusieurs réseaux internes sont impliqués dans une zone à risque, les valeurs de P_C et P_M sont données par:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times \dots \times (1 - P_{Cn}) \quad (10)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times \dots \times (1 - P_{Mn}) \quad (11)$$

où P_{Cn} et P_{Mn} sont les paramètres qui correspondent au réseau interne $n = 1, 2, 3, \dots$;

- les paramètres relatifs aux pertes doivent être calculés conformément à l'Annexe C.

À l'exception de P_C et P_M , si un paramètre a plusieurs valeurs dans une zone à risque, la valeur du paramètre qui conduit à la valeur de risque la plus élevée doit être retenue par hypothèse.

NOTE 1 Un réseau interne n'est pas nécessairement connecté directement à un service externe. Il peut par exemple être relié à une ligne de puissance en cuivre et à une ligne de données connectée par l'intermédiaire d'une interface d'isolement.

NOTE 2 Une approche plus simple consiste à utiliser $P_C = P_{C1}$ et $P_M = P_{M1}$ où P_{C1} et P_{M1} font référence au cas le plus défavorable.

8.5.2 Structure à une seule zone

Dans ce cas, une seule zone à risque Z_S définit l'ensemble de la structure. Le risque R est la somme des composantes de risque R_X dans cette zone à risque.

La définition de la structure en une seule zone à risque peut conduire à une dépense plus importante que nécessaire si une mesure de protection onéreuse doit s'étendre à l'ensemble de la structure, même si elle n'est pas essentielle sur la structure tout entière.

8.5.3 Structure à plusieurs zones

Dans ce cas, la structure est découpée en plusieurs zones à risque Z_S . Dans chaque zone à risque, le risque est la somme de toutes les composantes de risque correspondantes de la zone.

Le découpage de la structure en zones à risque permet au concepteur de prendre en compte les caractéristiques de chaque partie de la structure pour l'évaluation des composantes de risque et de choisir les mesures de protection les plus appropriées à chaque zone à risque, afin de réduire le coût total de la protection contre la foudre.

9 Fréquence des dommages et ses composantes

9.1 Fréquence des dommages

La fréquence des dommages F est la valeur du nombre d'événements qui provoquent des dommages causés par les sources de dommages S des réseaux de la structure à protéger.

Dans le cadre de l'évaluation de la nécessité d'une protection contre la foudre, la fréquence des dommages F doit être prise en compte par rapport à la perte de service L_3 .

La fréquence de dommages F est la somme des fréquences partielles des dommages selon la source de dommages. Pour évaluer la fréquence des dommages F , la relation suivante s'applique:

$$F = F_C + F_M + F_W + F_Z \quad (12)$$

où

F_C est la fréquence des dommages dus à des impacts sur la structure (source S1);

F_M est la fréquence des dommages dus à des impacts à proximité de la structure (source S2);

F_W est la fréquence des dommages dus à des impacts sur la ligne (source S3);

F_Z est la fréquence des dommages dus à des impacts à proximité de la ligne (source S4).

La fréquence des dommages F_C fait référence aux défaillances des réseaux internes provoquées par des IEMF et par l'augmentation du potentiel à la terre en raison d'impacts sur la structure, F_M fait référence aux défaillances des réseaux internes provoquées par des IEMF en raison d'impacts sur le sol à proximité de la structure, tandis que les fréquences des dommages F_W et F_Z font référence aux défaillances des réseaux internes provoquées par des surtensions transmises à la structure par les lignes entrantes.

NOTE 1 La valeur de la fréquence des dommages F obtenue en additionnant les deux fréquences partielles des dommages F_M et F_Z peut être surestimée. Le risque peut être évalué de manière plus exacte en tenant compte du fait qu'un impact au sol a une incidence à la fois sur les réseaux internes par couplage inductif direct et sur la surtension induite sur les lignes connectées. Il en résulte que les fréquences partielles des dommages F_M et F_Z peuvent coïncider.

NOTE 2 Dans les réseaux de puissance internes, la composante de fréquence F_M est généralement négligeable.

NOTE 3 La fréquence des dommages causés par des impacts de foudre associée à une structure peut être évaluée pour un matériel. La fréquence des dommages d'un réseau interne ou d'une partie d'un réseau interne correspond dans tous les cas à celle du matériel le plus vulnérable parmi les matériels que l'utilisateur souhaite protéger (par défaut, l'ensemble des matériels).

9.2 Évaluation de la fréquence partielle des dommages

Chaque fréquence partielle des dommages F_C , F_M , F_W et F_Z , décrite au 9.1, peut être exprimée par l'équation générale suivante:

$$F_X = N_X \times P_X \quad (13)$$

où

N_X est le nombre annuel d'événements dangereux (voir aussi l'Annexe A);

P_X est la probabilité de dommages (voir aussi l'Annexe B);

Les équations pour calculer les fréquences partielles des dommages liées à chaque source de dommages sont données dans le Tableau 4.

Les valeurs des paramètres nécessaires au calcul des fréquences de dommages partielles figurent à l'Annexe A et l'Annexe B. Lorsque des TWS sont concernés, comme cela est décrit à l'Annexe B, ceux-ci doivent être conformes à l'IEC 62793.

Tableau 4 – Fréquences partielles des dommages pour chaque source de dommages

Type de perte	Source de dommages			
	S1 Impact de foudre sur une structure	S2 Impact de foudre à proximité d'une structure	S3 Impact de foudre sur une ligne (entrante)	S4 Impact de foudre à proximité d'une ligne
L_3 perte de service due à une défaillance des réseaux internes	$F_C = N_D \times P_C \times P_e$	$F_M = N_M \times P_M \times P_e$	$F_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e$	$F_Z = N_I \times P_Z \times P_e$

9.3 Procédure d'évaluation du besoin de protection pour la fréquence des dommages F

Une protection contre la foudre est nécessaire si la fréquence des dommages F dépasse le niveau tolérable F_T .

$$F > F_T$$

Dans ce cas, il convient d'appliquer des mesures de protection afin de réduire la fréquence des dommages F à un degré qui ne dépasse pas le niveau de risque tolérable F_T .

$$F \leq F_T$$

NOTE 1 Une valeur représentative du risque tolérable F_T est $F_T = 0,1$ [année]⁻¹ pour les réseaux internes essentiels pour assurer leur fonction en lien avec l'indisponibilité du service exigé, et $F_T = 1$ [année]⁻¹ pour les réseaux internes non essentiels. Les valeurs $F_T = 0,1$ et $F_T = 1$ fournies dans le présent document sont des valeurs classiques de la fréquence tolérable des dommages.

NOTE 2 La criticité des systèmes internes pour remplir leurs fonctions (par rapport à l'indisponibilité des services qui peut être tolérée) est prise en compte par le propriétaire ou le gestionnaire de la structure lors de la fixation de la valeur F_T .

NOTE 3 Si $F \leq F_T$, la protection contre la foudre n'est pas nécessaire pour réduire la fréquence des dommages, mais peut être appropriée en vue de réduire de quelque façon que ce soit les pertes ou l'indisponibilité des services.

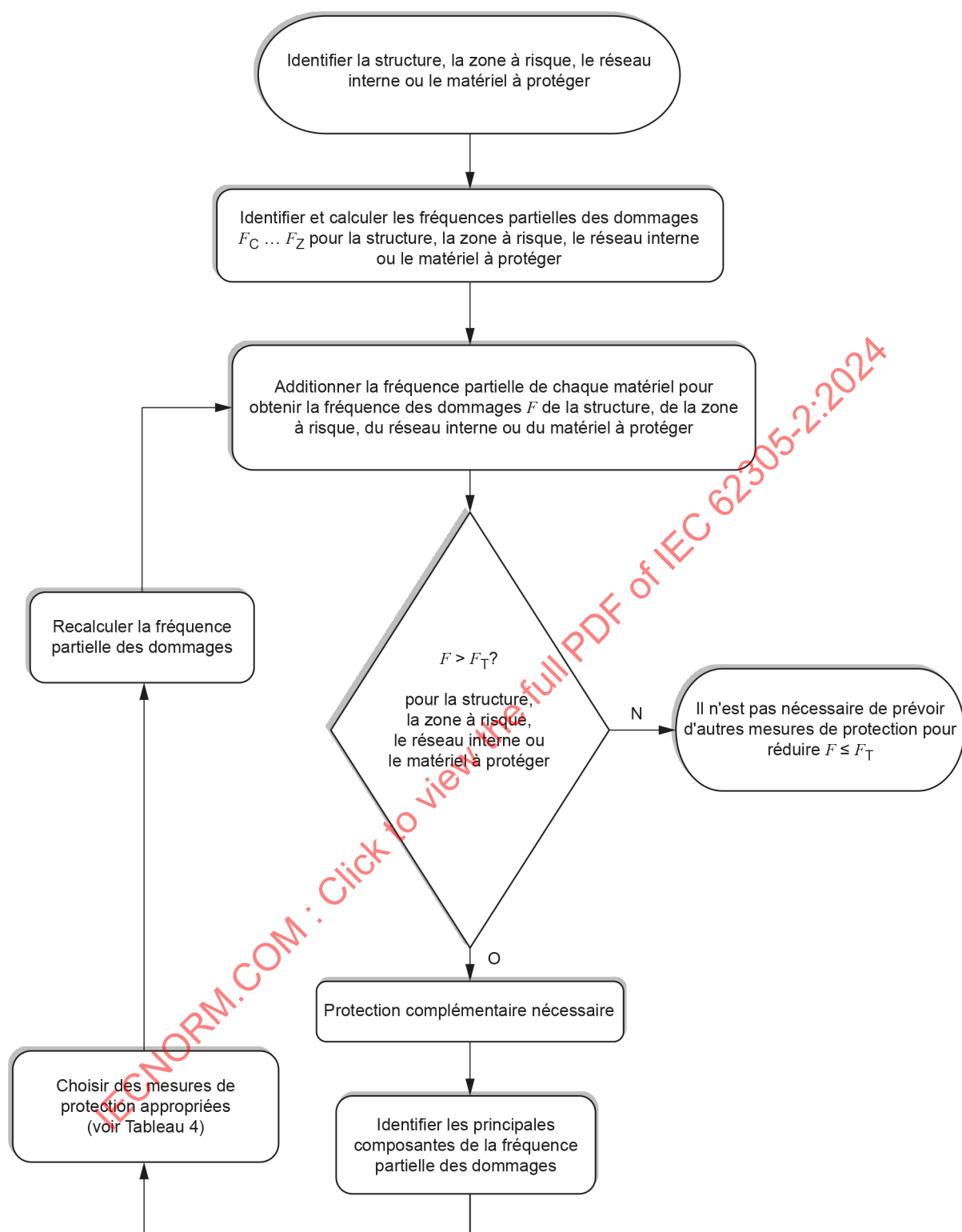
Les étapes suivantes doivent être prises pour évaluer le besoin de protection pour la fréquence des dommages F :

- calcul de la fréquence partielle des dommages F_X ;
- calcul de la fréquence totale des dommages F ;
- identification de la fréquence tolérable des dommages F_T ;
- comparaison de la fréquence des dommages F à la valeur tolérable F_T .

La fréquence des dommages F doit être évaluée pour les réseaux internes ou les matériels à l'intérieur de la structure que le propriétaire souhaite protéger (lorsque la structure est découpée en zones, cela concerne chaque zone où se trouvent des matériels que le propriétaire ou le gestionnaire souhaite protéger). La fréquence F doit être comparée à F_T pour ces réseaux internes ou matériels.

La Figure 3 représente la procédure d'évaluation du besoin de protection pour la fréquence des dommages F .

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024



IEC

Figure 3 – Procédure de détermination du besoin de protection et de choix des mesures de protection

9.4 Évaluation de la fréquence partielle des dommages en zones

9.4.1 Critères généraux

Pour l'évaluation de la fréquence partielle des dommages et le choix des paramètres pertinents concernés, les règles suivantes s'appliquent:

- les paramètres pertinents pour le nombre N d'événements dangereux doivent être évalués conformément à l'Annexe A;
- les paramètres pertinents pour la probabilité P de dommages doivent être évalués conformément à l'Annexe B.

De plus:

- pour les fréquences partielles des dommages F_W et F_Z , une seule valeur doit être déterminée dans chaque zone à risque pour chacun des paramètres concernés. Si plusieurs valeurs s'appliquent, la valeur la plus élevée doit être choisie;
- pour les fréquences partielles des dommages F_C et F_M , si plusieurs réseaux internes sont concernés dans une zone à risque, les valeurs de P_C et P_M sont données par:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times \dots \times (1 - P_{Cn}) \quad (14)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times \dots \times (1 - P_{Mn}) \quad (15)$$

où P_{Cn} et P_{Mn} sont les paramètres qui correspondent au réseau interne $n = 1, 2, 3 \dots$

Si un autre paramètre a plusieurs valeurs dans une zone à risque, la valeur du paramètre qui conduit à la valeur de fréquence partielle des dommages la plus élevée doit être retenue par hypothèse, sauf pour P_C et P_M .

NOTE 1 Un réseau interne n'est pas nécessairement connecté directement à un service externe. Il peut par exemple être relié à une ligne de puissance en cuivre et à une ligne de données connectée par l'intermédiaire d'une interface d'isolement.

NOTE 2 Une approche plus simple consiste à utiliser $P_C = P_{C1}$ et $P_M = P_{M1}$ où P_{C1} et P_{M1} font référence au cas le plus défavorable.

9.4.2 Structure à une seule zone

Dans ce cas, une seule zone à risque Z_S qui englobe l'ensemble de la structure est définie. La fréquence des dommages F est la somme des fréquences partielles des dommages F_X dans cette zone à risque.

La définition de la structure en une seule zone à risque peut conduire à des mesures de protection onéreuses, car chaque mesure doit s'étendre à l'ensemble de la structure.

9.4.3 Structure à plusieurs zones

Dans ce cas, la structure est découpée en plusieurs zones à risque Z_S . La fréquence des dommages F_{zone} pour la zone à risque est la somme des fréquences partielles des dommages $F_{\text{zone}/X}$ qui correspondent à toutes les sources de dommages.

Le découpage de la structure en zones à risque permet au concepteur de prendre en compte les caractéristiques de chaque partie de la structure pour l'évaluation de la fréquence partielle des dommages et de choisir les mesures de protection les plus appropriées zone à risque par zone à risque, afin de réduire le coût total de la protection contre la foudre.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-2:2024

Annexe A (informative)

Évaluation du nombre annuel N d'événements dangereux

A.1 Généralités

Le nombre annuel moyen N d'événements dangereux dus aux impacts de foudre qui impliquent une structure à évaluer dépend de la densité de points d'impact au sol de la foudre dans la région où se situe la structure et de ses caractéristiques physiques.

La densité de points d'impact au sol de la foudre N_{SG} correspond au nombre d'impacts de foudre par km² et par an. Dans de nombreuses régions du monde, cette valeur peut être obtenue à partir des données fournies par des systèmes de localisation de la foudre (LLS) conformes à l'IEC 62858.

Lorsque les valeurs N_{SG} ne sont pas directement disponibles, il est possible de compter les éclairs au moyen des différents points d'impact au sol. Les valeurs de densité de foudroiement au sol N_G peuvent être multipliées par un facteur k pour estimer N_{SG} en fonction de plusieurs facteurs tels que l'emplacement géographique. Il convient d'obtenir ce facteur k auprès du fournisseur national de données de LLS.

$$N_{SG} = k N_G \quad (\text{A.1})$$

où

N_{SG} est la densité de points d'impact au sol de la foudre (1 par km² et par an).

NOTE 1 Lorsque le fournisseur de données de LLS ne peut pas fournir ce facteur k ou qu'il n'existe pas (par exemple, lorsqu'un pays dispose d'une carte N_G), un facteur de 2 peut être admis par hypothèse.

Dans les régions qui ne comportent pas de systèmes de localisation de la foudre au sol, l'estimation recommandée pour la densité de points d'impact au sol de la foudre est

$$N_{SG} = 0,5 N_T \quad (\text{A.2})$$

où N_T est la densité totale (CG sol + IC nuage) d'éclairs optiques enregistrés par km² et par an, obtenue sur le site web de la NASA
http://lightning.nsstc.nasa.gov/data/data_lis-otd-climatology.html [7].

NOTE 2 Dans la plupart des régions du monde, une indication de l'activité de foudre peut être obtenue à partir d'observations des transitoires optiques de la foudre. Les détecteurs sur satellite répondent à tous les types de foudres avec une couverture relativement uniforme. Moyennant un lissage suffisant, les données de densité de transitoires optiques donnent de meilleures estimations de la densité de foudroiement au sol que les observations de l'orage, qui présentent un large éventail de relations entre la densité de foudroiement au sol et les heures ou jours d'orage. Il existe aussi des variations régionales dans le rapport du nombre d'impacts au sol (CG) sur le nombre total d'impacts (CG + IC).

NOTE 3 L'IEC 62858 spécifie comment les données relatives à la foudre sont obtenues et représentées.

Les événements suivants peuvent être considérés comme dangereux pour une structure dont la protection est envisagée:

- impacts sur la structure;
- impacts sur le sol à proximité de la structure;
- impacts sur une ligne qui entre dans la structure, y compris les impacts sur une autre structure à laquelle la ligne est connectée;
- impacts sur le sol à proximité d'une ligne qui entre dans la structure.

NOTE 4 L'Annexe A fournit des méthodes simplifiées pour calculer le nombre N d'événements dangereux dus à des impacts de foudre qui impliquent une structure à protéger.

A.2 Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_D dus aux impacts sur une structure et N_{DJ} sur une structure adjacente

A.2.1 Détermination de la surface d'exposition A_D

A.2.1.1 Généralités

Pour des structures isolées en terrain plat, la surface équivalente d'exposition A_D est la zone définie par l'intersection entre la surface du sol et une droite avec une pente de 1/3 qui passe par les parties les plus élevées de la structure (en les touchant à cet endroit) et en tournant autour de celle-ci. La détermination de la valeur de A_D peut être effectuée par une méthode graphique ou mathématique.

A.2.1.2 Structure rectangulaire

Pour une structure rectangulaire isolée de longueur L , de largeur W et de hauteur H sur un sol plat, la surface équivalente d'exposition est égale à:

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (\text{A.3})$$

où L , W et H sont exprimés en mètres (voir la Figure A.1).

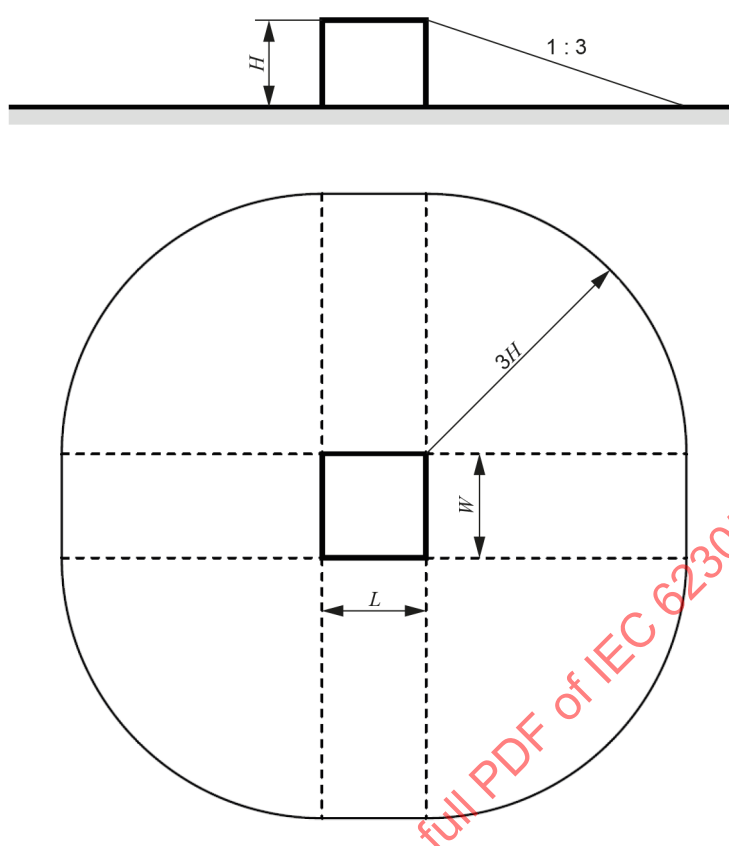


Figure A.1 – Surface d'exposition A_D d'une structure isolée

A.2.1.3 Structure de forme complexe

Si la structure a une forme complexe, par exemple avec toiture élevée saillante (voir la Figure A.2), il convient d'utiliser une méthode graphique pour évaluer A_D (voir la Figure A.3).

Une valeur approximative acceptable de la surface d'exposition est la valeur maximale entre la surface équivalente d'exposition $A_{D\text{MIN}}$, évaluée au moyen de l'Équation (A.3) en tenant compte de la hauteur minimale H_{MIN} de la structure, et la surface d'exposition attribuée à la toiture élevée saillante A_D' . A_D' peut être calculée de la façon suivante:

$$A_D' = \pi \times (3 \times H_P)^2 \quad (\text{A.4})$$

où H_P est la hauteur de la saillie.

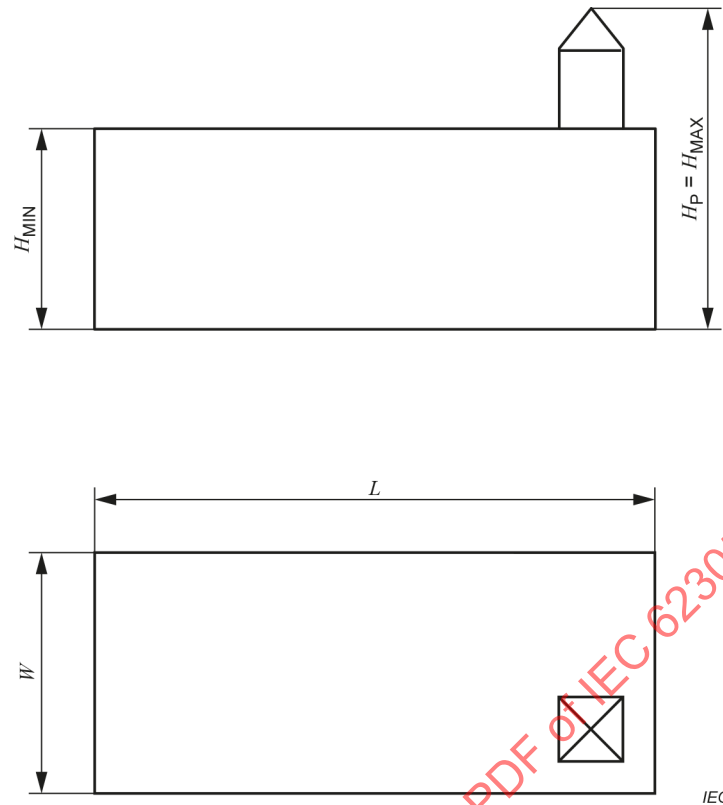


Figure A.2 – Structure de forme complexe

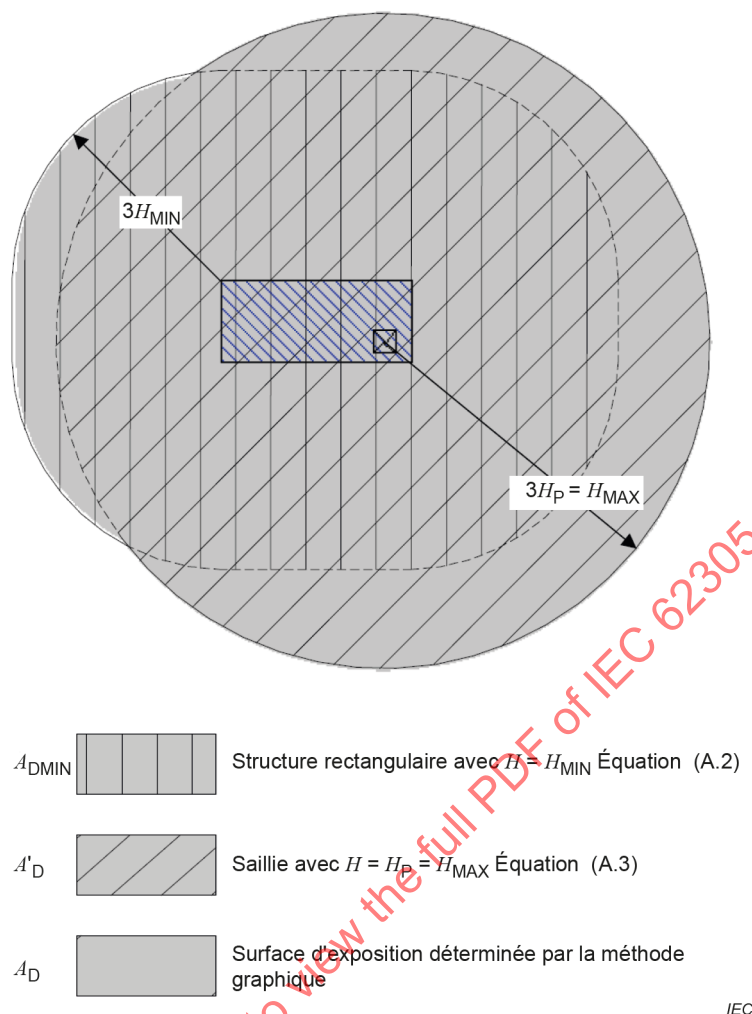


Figure A.3 – Différentes méthodes de détermination de la surface d'exposition d'une structure donnée

A.2.2 Structure qui fait partie d'un bâtiment

Lorsque la structure S à examiner correspond à une seule partie d'un bâtiment B , les dimensions de la structure S peuvent être utilisées dans l'évaluation de A_D si les conditions suivantes sont remplies (voir la Figure A.4):

- la structure S est une partie verticale séparée du bâtiment B , comme cela est représenté sur la Figure A.4;
- le bâtiment B est une structure sans risque d'explosion;
- la propagation d'un incendie entre la structure S et d'autres parties du bâtiment B est atténuée au moyen, par exemple, de parois qui présentent une résistance au feu de 120 min ou au moyen d'autres mesures de protection équivalentes;

NOTE Les réglementations en matière d'incendie peuvent établir différentes valeurs pour la résistance au feu. Les réglementations relatives aux bâtiments peuvent définir la résistance au feu des murs.

- la propagation des surtensions le long des lignes communes, s'il y en a, est évitée au moyen de SPD installés au point d'entrée de telles lignes dans la structure ou au moyen d'autres mesures de protection équivalentes.

Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, il convient d'utiliser les dimensions de l'ensemble du bâtiment B .

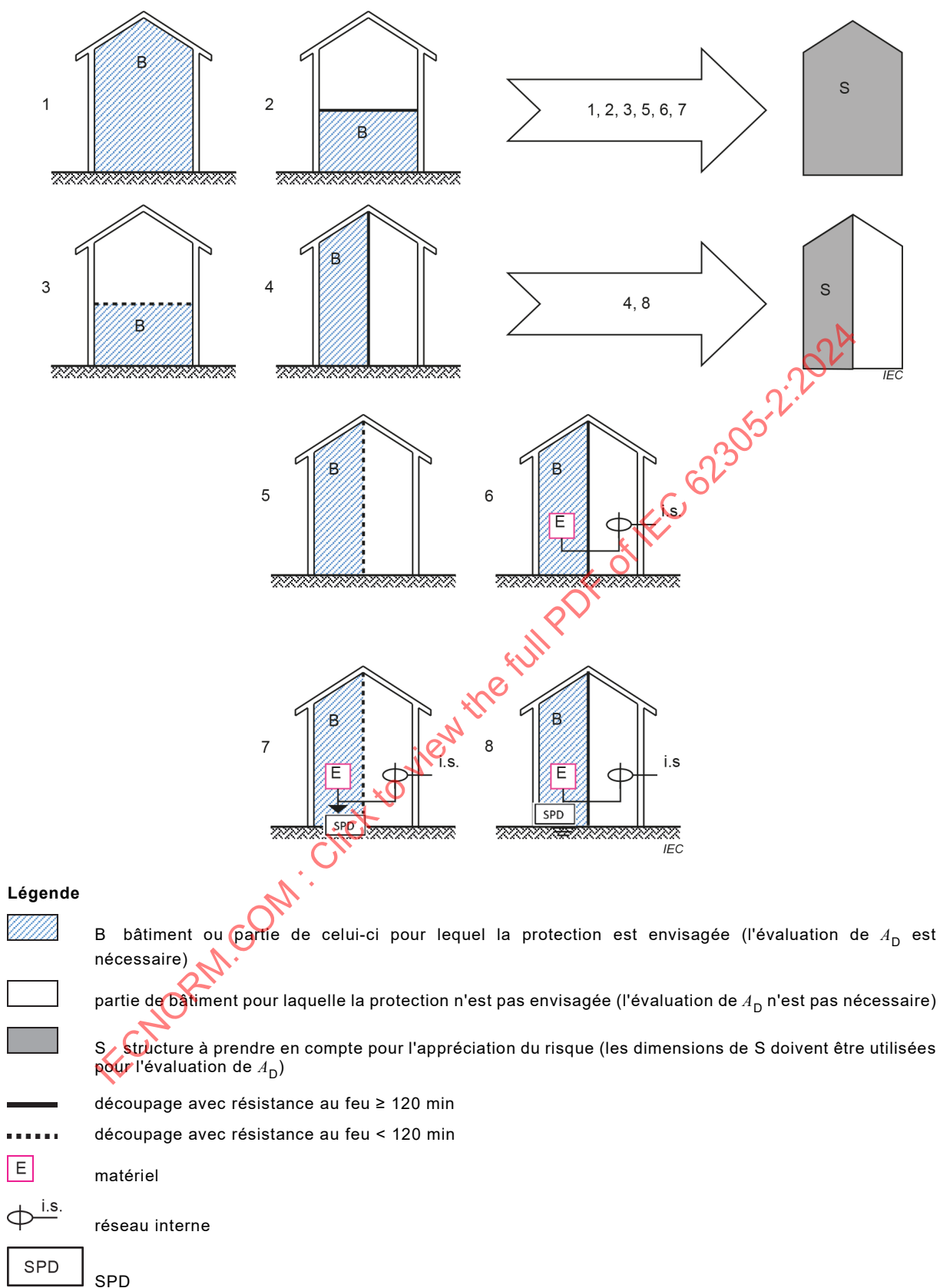


Figure A.4 – Structure à prendre en compte pour l'évaluation de la surface d'exposition A_D

A.2.3 Emplacement relatif de la structure

L'emplacement relatif d'une structure, qui dépend des structures environnantes ou de l'exposition de la structure, est pris en compte par un facteur d'emplacement C_D (voir le Tableau A.1).

Une évaluation plus précise de l'influence des objets environnants peut être obtenue en tenant compte de la hauteur relative de la structure par rapport aux objets qui l'entourent ou au sol à une distance de $3 \times H$ de la structure et en formulant l'hypothèse $C_D = 1$.

Tableau A.1 – Facteurs d'emplacement C_D et C_{DJ} de la structure

Emplacement relatif	C_D ou C_{DJ}
Structure entourée par des objets plus hauts	0,25
Structure entourée par des objets de la même hauteur ou plus faible	0,5
Structure isolée, pas d'autres objets à proximité	1
Structure isolée au sommet d'une colline ou sur un monticule	2

NOTE 1 Une méthode plus complète fondée sur des modèles 3D peut fournir des résultats approfondis, en tenant compte de l'incidence des bâtiments environnants et de l'environnement.

NOTE 2 La méthode courante pour déterminer le coefficient C_D ou C_{DJ} consiste à déterminer l'influence des objets à une distance maximale de $3H$ du bâtiment concerné (chevauchement des surfaces d'exposition).

NOTE 3 C_D est représentatif d'une surface équivalente d'exposition de la structure; C_D dépend de la hauteur des structures environnantes, de la largeur et, en général, de l'exposition des structures environnantes. Il ne s'agit pas d'un simple calcul géométrique. Cependant, à titre indicatif, $C_D = 0,25$ peut être pris comme exemple lorsque la surface d'exposition de la structure physique et le sol à une distance maximale de $3 \times H$ sont constamment compris à 75 % dans la surface d'exposition des objets environnants. $C_D = 0,5$, par exemple, lorsque la surface d'exposition de la structure physique et le sol à une distance maximale de $3 \times H$ sont constamment compris à 50 % dans la surface d'exposition des objets environnants. $C_D = 1$, par exemple, lorsque la surface d'exposition de la structure physique et le sol à une distance maximale de $3 \times H$ sont marginalement compris dans la surface d'exposition des objets environnants.

A.2.4 Nombre d'événements dangereux N_D pour la structure

N_D peut être évalué comme le produit:

$$N_D = N_{SG} \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

où

N_{SG} est la densité de points d'impact au sol de la foudre par km^2 et par an;

A_D est la surface équivalente d'exposition de la structure (m^2);

C_D est le facteur d'emplacement de la structure (voir le Tableau A.1).

NOTE Dans les zones qui comportent des structures de grande hauteur isolées, une évaluation plus précise de N_D peut être conseillée. Les comités nationaux peuvent fournir de plus amples informations.

A.2.5 Nombre d'événements dangereux N_{DJ} pour une structure adjacente

Le nombre annuel moyen d'événements dangereux dus aux impacts sur une structure connectée à l'extrémité d'une ligne, N_{DJ} , peut être évalué comme le produit:

$$N_{DJ} = N_{SG} \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.6)$$

où

N_{SG} est la densité de points d'impact au sol de la foudre par km² et par an;

A_{DJ} est la surface équivalente d'exposition de la structure adjacente (m²);

C_{DJ} est le facteur d'emplacement de la structure adjacente (voir le Tableau A.1);

C_T est le facteur de type de ligne (voir le Tableau A.3).

A.3 Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_M dus aux impacts à proximité d'une structure

N_M peut être évalué comme le produit:

$$N_M = (1/k) \times N_{SG} \times A_M \times 10^{-6} \quad (A.7)$$

où

N_{SG} est la densité de points d'impact au sol de la foudre par km² et par an;

A_M est la surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité de la structure (m²).

NOTE 1 Lorsque la densité N_{SG} est obtenue directement par LLS, le facteur k est fourni par le fournisseur de données de LLS. En cas d'indisponibilité, un facteur $k = 2$ peut être retenu par hypothèse (voir l'Article A.1).

NOTE 2 Dans les réseaux de puissance, les événements dangereux N_M peuvent généralement être ignorés en raison de l'utilisation d'une construction en béton à maillage de barres d'armature dense.

NOTE 3 Le facteur d'environnement C_E peut également avoir une influence sur N_M , par exemple, N_M peut être multiplié par le facteur d'environnement C_E .

La surface équivalente d'exposition A_M s'étend jusqu'à une ligne située à une distance conventionnelle r_M du périmètre de la structure:

$$A_M = 2 \times r_M \times (L + W) + \pi \times r_M^2 \quad (A.8)$$

où

$r_M = 350/U_w$ (m);

U_w est la tension de choc assignée en kV du matériel dont le niveau d'isolement est le plus faible.

NOTE 4 Les valeurs habituelles de U_w peuvent être consultées dans le Tableau B.11 et dans le Tableau B.12.

NOTE 5 Cette formule (A.8) est calculée pour une surface de boucle de 50 m² et en tenant compte de sa position aléatoire par rapport à un canal de foudre vertical.

A.4 Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_L dus à des impacts sur une ligne

Une ligne peut comprendre plusieurs sections. Pour chaque section de ligne, la valeur de N_L peut être évaluée de la façon suivante:

$$N_L = N_{SG} \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.9})$$

où

N_L est le nombre de surtensions d'amplitude supérieure ou égale à 1 kV (1/an) sur la section de ligne;

N_{SG} est la densité de points d'impact au sol de la foudre par km² et par an;

A_L est la surface équivalente d'exposition aux impacts sur la ligne (m²);

C_I est le facteur d'installation de la ligne (voir le Tableau A.2);

C_T est le facteur de type de ligne (voir le Tableau A.3);

C_E est le facteur d'environnement (voir le Tableau A.4)

avec la surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une ligne:

$$A_L = 40 \times L_L \quad (\text{A.10})$$

où

L_L est la longueur de la section de ligne (m).

Lorsqu'aucune information relative à la longueur des sections n'est disponible, une longueur de ligne maximale de 1 km pour la somme des lignes de puissance HT et des lignes de puissance BT et une longueur de ligne maximale de 1 km pour les lignes de communication peuvent être admises par hypothèse;

NOTE 1 Plus d'informations sur les surfaces équivalentes d'exposition A_L des lignes de communication peuvent être obtenues dans la Recommandation UIT-T K.47 [8].

NOTE 2 En général, 2 km est une longueur totale maximale réaliste à prendre en compte pour les lignes de puissance.

Tableau A.2 – Facteur d'installation de ligne C_I

Cheminement	C_I
Aérien	1
Enterré	0,3
Câbles enterrés entièrement posés dans un réseau maillé de terre (IEC 62305-4:2024, 5.2).	0,01

NOTE 3 La résistivité du sol a un impact sur la surface d'exposition A_L des sections enterrées. En règle générale, plus la résistivité du sol est importante, plus la surface équivalente d'exposition est grande. Le facteur d'installation du Tableau A.2 est fondé sur $\rho = 400 \, \Omega\text{m}$. Pour $\rho > 400 \, \Omega\text{m}$, l'équation suivante pour une section enterrée peut être utilisée: $A_L = 0,6 \times \sqrt{\rho} \times L_L$.

NOTE 4 D'autres valeurs peuvent être attribuées au facteur d'installation C_I après une étude approfondie.

Tableau A.3 – Facteur de type de ligne C_T

Installation	C_T
Ligne de puissance BT, de communication ou de transmission de données, ou ligne de puissance HT avec autotransformateur HT/BT	1
Ligne de puissance HT (avec transformateur HT/BT à enroulements séparés)	0,2

NOTE 5 D'autres valeurs peuvent être attribuées au facteur de type de ligne C_T après une étude approfondie. Des valeurs plus faibles sont possibles pour C_T .

Tableau A.4 – Facteur d'environnement C_E

Environnement	C_E
Rural	1
Suburbain	0,5
Urbain	0,1
Urbain avec des bâtiments de hauteur supérieure à 20 m	0,01

NOTE 6 Les valeurs données à C_E réduisent le nombre d'événements dangereux causés par les sources S3 et S4 en raison de la protection des structures environnantes.

NOTE 7 D'autres valeurs peuvent être attribuées au facteur d'environnement C_E après une étude approfondie.

A.5 Évaluation du nombre annuel moyen d'événements dangereux N_I dus à des impacts à proximité d'une ligne

Une ligne peut comprendre plusieurs sections. Pour chaque section de ligne, la valeur de N_I peut être évaluée comme suit:

$$N_I = (1/k) \times N_{SG} \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.11})$$

où

N_I est le nombre annuel de surtensions d'amplitude supérieure à U_W sur la section de ligne;

N_{SG} est la densité de points d'impact au sol de la foudre par km² et par an;

A_I est la surface équivalente d'exposition pour les impacts sur le sol à proximité de la ligne (m²);

C_I est le facteur d'installation (voir le Tableau A.2);

C_T est le facteur de type de ligne (voir le Tableau A.3);

C_E est le facteur d'environnement (voir le Tableau A.4).

NOTE 1 Lorsque la densité N_{SG} est obtenue directement par LLS, le facteur k est fourni par le fournisseur de données de LLS. En cas d'indisponibilité, un facteur $k = 2$ peut être retenu par hypothèse (voir l'Article A.1).

La surface équivalente d'exposition A_I des impacts à proximité d'une ligne s'étend à une ligne située à une distance conventionnelle r_I de la ligne:

$$A_I = 2 \times r_I \times L_L \quad (\text{A.12})$$

où

L_L est la longueur de la section de ligne (m);

$$r_I = 2\,000/U_W^{1,8};$$

U_W est la tension assignée de choc en kV du matériel.

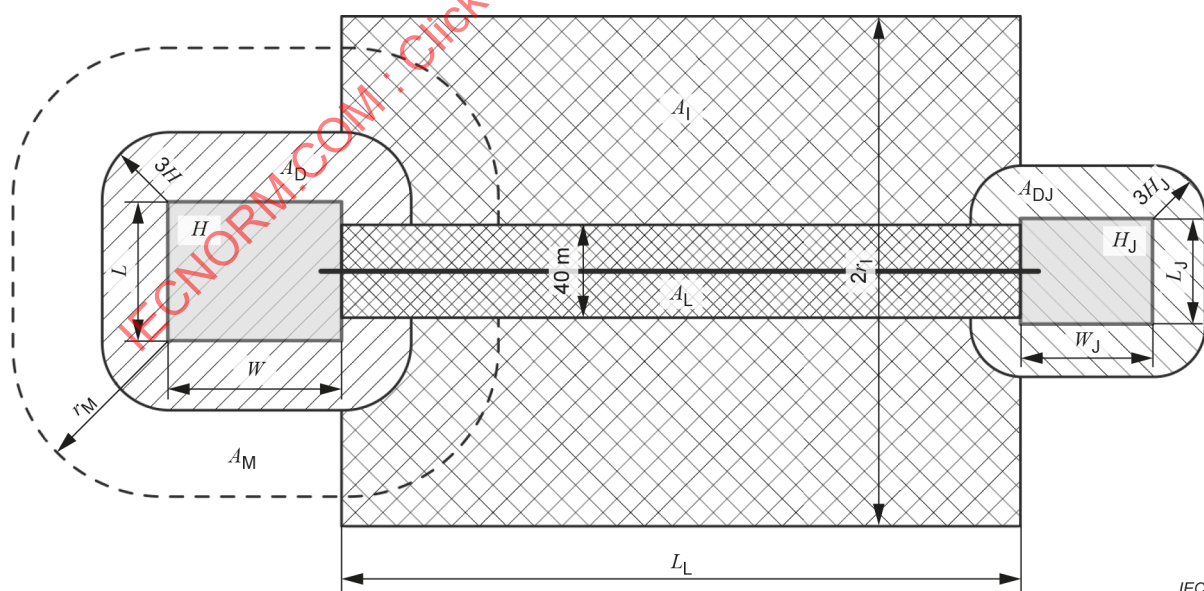
Lorsqu'aucune information relative à la longueur des sections n'est disponible, une longueur de ligne maximale de 1 km pour la somme des lignes de puissance HT et des lignes de puissance BT et une longueur de ligne maximale de 1 km pour les lignes de communication peuvent être admises par hypothèse;

NOTE 2 Une évaluation plus précise de A_I peut être trouvée dans la publication Electra n° 161 [9] et n° 162 [10], 1995 pour les lignes de puissance et dans la Recommandation UIT-T K.46 [11] pour les lignes de communication.

NOTE 3 En général, 2 km est une longueur totale maximale réaliste à prendre en compte pour les lignes de puissance.

A.6 Représentation des surfaces équivalentes d'exposition

La Figure A.5 représente la relation entre les cinq surfaces d'exposition A_D , A_{DJ} , A_M , A_L et A_I , respectivement spécifiées en A.2.1.2, en A.2.1.3, à l'Article A.3, à l'Article A.4 et à l'Article A.5. Il convient de noter que les zones ne sont pas représentées à l'échelle par rapport aux dimensions habituelles.



NOTE La figure représente la surface d'exposition d'une distance latérale spécifique.

Figure A.5 – Surfaces équivalentes d'exposition A_D , A_{DJ} , A_M , A_L et A_I

Annexe B (informative)

Évaluation de la probabilité de dommages P_X

B.1 Généralités

Les probabilités données dans la présente Annexe B sont valables si les mesures de protection sont conformes à:

- l'IEC 62305-3 pour les mesures de protection qui réduisent les blessures sur des êtres humains et les dommages physiques;
- l'IEC 62305-4 pour les mesures de protection qui réduisent les défaillances des réseaux internes.

D'autres valeurs peuvent être choisies si cela est justifié.

Les valeurs des probabilités P_X inférieures à 1 ne peuvent être choisies que si la mesure ou la caractéristique est valable pour la structure entière ou une zone à risque de la structure (Z_S) à protéger et pour tous les matériels associés.

Il convient que les valeurs des probabilités P_X tiennent compte de la probabilité P_{TWS} si les dispositions de protection correspondantes fournies sont activées à l'aide d'un système d'alerte aux orages (TWS) conforme à l'IEC 62793, où P_{TWS} est la probabilité qu'un TWS ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible.

NOTE 1 P_{TWS} = valeur maximale entre le taux de défaillance d'alerte (FTWR, *Failure to Warn Ratio*) et $1 - \text{la probabilité qu'un délai de } x \text{ minutes soit obtenu (POD}_x\text{)}$. Le FTWR et POD_x figurent généralement sur la fiche produit du fabricant ou sont communiqués par le fournisseur de service. Il peut être admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$ si le fabricant ne déclare pas la valeur de FTWR ou POD_x .

NOTE 2 Pour les mesures de protection et les valeurs de réduction obtenues au moyen d'un TWS, voir l'IEC 62305-1 et l'IEC 62793. Si aucune mesure préventive temporaire ne s'applique ou si aucun TWS n'est prévu, il peut être admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$. Si l'avertissement donné par le TWS n'accorde pas suffisamment de temps pour prendre ces mesures, il peut être admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$.

Il convient que les valeurs des facteurs à utiliser pour évaluer la probabilité P_X de dommages soient fixées par le concepteur du système de protection contre la foudre. Les valeurs de facteurs dans une structure données dans la présente Annexe B sont des valeurs types. D'autres valeurs peuvent être attribuées après une étude approfondie.

La probabilité P_X que les mesures de protection réduisent les défaillances des réseaux internes dépend de la probabilité P_{SPD} d'un système de protection par parafoudres coordonnés. En fonction du niveau de protection contre la foudre (NPF) choisi, un système de protection par parafoudres coordonnés doit:

- résister au courant de foudre prévu au point d'installation;
- limiter la valeur de surtension à l'entrée du matériel à une valeur inférieure ou égale à la tension de choc assignée (U_w).

La probabilité P_{SPD} qui correspond au système de protection par parafoudres coordonnés dépend:

- de la probabilité P_Q que la valeur de la charge prévue, associée au courant qui passe par le SPD à son point d'installation, dépasse la valeur tolérée par le SPD;
- de la probabilité P_{Up} que la valeur de tension résiduelle au niveau du parafoudre dépasse le niveau de protection exigé U_{pr} afin de réduire la valeur de surtension à l'entrée du matériel à une valeur inférieure ou égale à la tension de choc assignée (U_w) du matériel.

Alors la probabilité P_{SPD} est donnée par:

$$P_{SPD} = 1 - (1 - P_Q)(1 - P_{Up}) \quad (B.1)$$

La probabilité P_Q fait référence aux premiers coups de foudre positif et négatif, tandis que la probabilité P_{Up} fait référence aux impacts suivants des éclairs négatifs.

NOTE 3 Les réseaux internes peuvent comprendre des matériels montés à l'extérieur, à condition qu'ils ne soient pas exposés à un coup de foudre direct, selon la classe de SPF choisie.

B.2 Probabilité P_{AT} qu'un impact sur une structure provoque des tensions dangereuses de contact et de pas

Les valeurs de probabilité P_{AT} d'apparition de dommages causés par des tensions de contact et de pas en raison d'impacts sur une structure dépendent des mesures de protection prévues:

$$P_{AT} = P_{LPS} \times P_{am} \times r_t \times P_{TWS} \quad (B.2)$$

où

P_{LPS} est la probabilité, en fonction du NPF, que les mesures protègent les zones exposées de la structure contre les impacts directs. Les valeurs de P_{LPS} sont données dans le Tableau B.3;

P_{TWS} est la probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible;

NOTE 1 L'objet d'un message d'alerte créé par un TWS est d'assurer une évacuation immédiate et complète de la zone exposée. Si cette évacuation n'est pas assurée ou si aucun TWS n'est prévu, ou si le fabricant ne déclare pas le FTWR, il est admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$ (voir aussi l'IEC 62305-1 et l'IEC 62793 pour les restrictions d'application d'un TWS).

P_{am} est la probabilité qu'un impact sur une structure provoque des dommages dus à des tensions de contact et de pas selon les différentes mesures de protection prises. Les valeurs de P_{am} sont données dans le Tableau B.1;

r_t est le facteur de réduction en fonction du type de surface du sol ou du plancher. Les valeurs de r_t sont données dans le Tableau B.2.

NOTE 2 Les mesures de protection ne réduisent efficacement P_{AT} qu'à l'intérieur de structures protégées par un SPF ou de structures à armature continue en métal ou en béton armé qui agit comme un SPF naturel.

Tableau B.1 – Valeurs de probabilité P_{am} qu'un impact sur une structure provoque des dommages dus à des tensions de contact et de pas selon les différentes mesures de protection prises

Mesure de protection	P_{am}
Pas de mesures de protection	1
Panneau d'avertissement	10^{-1}
Isolation électrique (par exemple, au moins 3 mm de polyéthylène réticulé) des parties exposées (par exemple, conducteurs de descente)	10^{-2}
Sol équipotentiel efficace réalisé au moyen d'un réseau de prises de terre maillé ^a	10^{-2}
SPF naturel, voir la Note 3	10^{-3}
Restrictions d'accès	0
^a Mesure de protection efficace contre les tensions de pas uniquement.	

Si plusieurs mesures de protection ont été prises, la valeur de P_{am} est le produit des valeurs correspondantes.

NOTE 3 Il peut être admis par hypothèse que $P_{am} = 0,001$ lorsque la structure:

- est équipée d'une armature métallique complète (voir l'IEC 62305-3:2024, 8.1 et 8.2);
- est en béton armé coulé sur place, les tiges de renfort étant reliées conformément à l'IEC 62305-3 et vérifiées conformément à la méthode décrite dans l'IEC 62305-3:2024, Annexe D;
- est prévue avec un réseau de prises de terre maillé, sans installation métallique accessible qui peut faire partie de la trajectoire du courant de foudre.

Tableau B.2 – Facteur de réduction r_t en fonction du type de surface du sol ou du plancher

Type de surface ^a	Résistance de contact ^b kΩ	r_t
Agricole, béton	≤ 1	10^{-2}
Marbre, céramique	1–10	10^{-3}
Gravier, moquette, tapis	10–100	10^{-4}
Asphalte, linoléum, bois	≥ 100	10^{-5}
NOTE Une attention particulière est prise lorsque les couches de protection isolantes au sol sont mouillées ou recouvertes d'une pellicule d'eau. ^a Une couche en matériau isolant, par exemple en asphalte de 5 cm d'épaisseur, réduit généralement le danger à un niveau tolérable. Dans de tels cas, il peut être admis par hypothèse que $r_t = 0$. ^b Résistance de contact selon la définition IEC 581-23-08. Valeurs mesurées entre une électrode de 400 cm² comprimée avec une force uniforme de 750 N et un point où la tension n'est pas modifiée par une injection de courant.		

B.3 Probabilité P_{AD} qu'un impact entraîne des dommages sur une personne exposée qui se tient sur la structure

Les valeurs de probabilité P_{AD} qu'un éclair frappe une personne sur la structure dépendent de la position de la personne dans la zone exposée, du niveau de protection contre la foudre (NPF) des mesures prises pour protéger les zones exposées de la structure contre les impacts directs et des mesures de protection complémentaires prévues:

$$P_{AD} = P_{TWS} \times P_{am} \times P_O \times P_{LPS} \quad (B.3)$$

où

P_{TWS} est la probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible;

NOTE 1 L'objet d'un message d'alerte créé par un TWS est d'assurer une évacuation immédiate et complète de la zone exposée. Si cette évacuation n'est pas assurée ou si aucun TWS n'est prévu, ou si le fabricant ne déclare pas le FTWR, il est admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$ (voir aussi l'IEC 62305-1:2024, 7.1 pour les restrictions d'application d'un TWS).

NOTE 2 Lorsqu'un TWS est utilisé, la probabilité P_{am} peut être ignorée.

P_{am} est la probabilité qu'un impact sur une structure provoque des dommages dus à des tensions de contact et de pas selon les différentes mesures de protection prises. Les valeurs de P_{am} sont données dans le Tableau B.1;

P_O est le facteur de probabilité en fonction de la position d'une personne dans la zone exposée, où P_O est par hypothèse égal à 1 lorsque la personne est exposée (et égal à 0 lorsqu'il n'y a personne);

P_{LPS} est la probabilité, en fonction du NPF, que les mesures protègent les zones exposées de la structure contre les impacts directs. Les valeurs de P_{LPS} sont données dans le Tableau B.3;

NOTE 3 La probabilité P_{LPS} peut être incluse dans l'Équation (B.3) uniquement lorsque des personnes se trouvent dans la zone protégée du SPF.

P_{am} est la probabilité qu'un impact sur une structure provoque des dommages dus à des tensions de contact et de pas.

Tableau B.3 – Valeurs de probabilité P_{LPS} qui dépend des mesures destinées à protéger les zones exposées de la structure contre les impacts directs et à réduire les dommages physiques

Caractéristiques de la structure	Classe de SPF	P_{LPS}
Structure ou zones exposées non protégées	-	1
Structure ou zones exposées protégées par un SPF	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Structure protégée par un SPF I avec armature continue en métal ou en béton armé qui agit comme réseau de conducteurs de descente naturels		0,01
Structure protégée par un SPF I avec toiture métallique et dispositif de capture, avec la possibilité d'inclure des composants naturels, qui assure une protection complète des matériels sur le toit contre les coups de foudre directs et armature continue en métal ou en béton armé qui agit comme réseau de conducteurs de descente naturels		0,001

NOTE 4 Des valeurs de P_{LPS} autres que celles données dans le Tableau B.3 sont possibles si elles reposent sur une évaluation approfondie en tenant compte des exigences de dimensionnement et les critères d'interception définis dans l'IEC 62305-1.

NOTE 5 Les caractéristiques du SPF, y compris celles du parafoudre pour la liaison équipotentielle de foudre, sont indiquées dans l'IEC 62305-3.

NOTE 6 Le niveau de protection du SPF peut être différent pour la protection des zones exposées de la structure contre les impacts directs ou pour réduire les dommages physiques.

NOTE 7 Pour plus d'informations, voir l'IEC 62305-3:2024, 8.1 et 8.2.

B.4 Probabilité P_B qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques par incendie ou explosion

La probabilité P_B qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques par incendie ou explosion est donnée par:

$$P_B = P_S \times P_{LPS} \times r_f \times r_p \quad (\text{B.4})$$

où

P_S est la probabilité qu'un impact sur une structure provoque un étincelage dangereux. Les valeurs de P_S sont données dans le Tableau B.4;

P_{LPS} est la probabilité qui dépend des mesures de protection prises pour réduire les dommages physiques. Les valeurs de P_{LPS} sont données dans le Tableau B.3;

r_p est le facteur de réduction en fonction des dispositions prises pour réduire les conséquences d'un incendie. Les valeurs de r_p sont données dans le Tableau B.5;

r_f est le facteur de réduction en fonction du risque d'incendie ou d'explosion de la structure. Les valeurs de r_f sont données dans le Tableau B.6.

Tableau B.4 – Valeurs de probabilité P_S qu'un impact sur une structure provoque un étincelage dangereux

Type de structure	P_S
Bois et maçonnerie	1
Armature en béton armé à continuité électrique ou structure métallique interconnectée	0,5
NOTE 1 Si aucun SPF n'est installé ou si le SPF n'est pas installé conformément à l'IEC 62305-3, le Tableau B.4 donne la valeur de P_S. Si un SPF est installé conformément à l'IEC 62305-3, $P_S = 1$ et l'effet bénéfique sur le SPF est pris en compte par P_{LPS}. NOTE 2 En cas de présence de parties métalliques qui sont particulièrement saillies et non raccordées à l'armature de la structure, $P_S = 1$ peut être adopté. NOTE 3 Lorsque les parois et la toiture ne sont pas du même type, une valeur plus élevée pour P_S peut être envisagée. NOTE 4 En ce qui concerne les armatures, la valeur de 0,5 n'est valable que si l'armature est suffisamment raccordée et connectée à la disposition de mise à la terre.	

Tableau B.5 – Facteur de réduction r_p en fonction des dispositions prises pour réduire les conséquences d'un incendie

Dispositions	r_p
Pas de disposition	1
Une des dispositions suivantes: extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement ^a , installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiments étanches, voies d'évacuation protégées	0,5
Une des dispositions suivantes: installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques ^b	0,2
NOTE Ces dispositions ne sont valables que si elles sont disponibles et opérationnelles au moment où un phénomène de foudre survient. En cas de doute, la valeur $r_p = 1$ est suggérée. Dans certains pays, il n'est pas possible d'utiliser d'autres valeurs que $r_p = 1$, sauf si un SPF est prévu. ^a Ces dispositions ne sont efficaces que si elles sont mises en œuvre par des personnes formées à cet effet et aptes à les appliquer. ^b Seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si les pompiers peuvent intervenir en moins de 10 min.	

Les dispositions prises pour réduire les conséquences d'un incendie, comme cela est décrit dans le Tableau B.5, n'empêchent pas la survenue d'un incendie dû à la foudre. Si des mesures d'atténuation des incendies sont utilisées dans le calcul du risque de foudre (r_p différent de 1), il convient d'en informer l'utilisateur. Si l'utilisateur n'en est pas informé, il convient d'appliquer $r_p = 1$.

Dans les zones avec risque d'explosion, $r_p = 1$ dans tous les cas, sauf si des dispositions sont prises pour s'assurer qu'une explosion ne peut pas se produire à la suite d'un incendie dans la zone explosive.

Dans les zones où se trouvent des batteries lithium-ion, il convient d'appliquer $r_p = 1$. Un faible volume de telles batteries peut être ignoré (un ordinateur portable, par exemple).

Tableau B.6 – Facteur de réduction r_f en fonction du risque d'incendie ou d'explosion de la structure

Risque	Niveau de risque	r_f
Explosion	Zones 0, 20 et explosif solide	1
	Zones 1, 21	10^{-1}
	Zones 2, 22	10^{-3}
Incendie	Élevé	10^{-1}
	Ordinaire	10^{-2}
	Faible	10^{-3}
Explosion ou incendie	Aucun	0
NOTE Des exemples de charges calorifiques pour différents types de structures peuvent être consultés dans d'autres documents, par exemple l'EN 1991-1-2 [12].		

NOTE 1 Dans le cas d'une structure avec possibilité d'explosion, les valeurs de r_f correspondent aux valeurs suggérées représentatives du cas le plus défavorable pour les calculs de la protection contre la foudre en l'absence de données d'entrée communiquées par le propriétaire de l'installation ou toute autre source appropriée. Dans la mesure où la probabilité de conditions dangereuses et les conséquences d'un incendie peuvent varier d'un site à l'autre, l'application des définitions des Zones 1 et 21 et des Zones 2 et 22 d'autres principes issus de l'IEC 60079 et de la série ISO/IEC 80079 permettrait de déterminer ces valeurs à partir des données d'entrée communiquées par les propriétaires d'installations ou toutes autres sources appropriées pour l'application considérée. Les normes et codes applicables à l'application constituent des exemples de sources appropriées.

NOTE 2 En présence de différentes conditions, le cas le plus défavorable est utilisé.

NOTE 3 Il peut être admis par hypothèse que les structures qui présentent un risque d'incendie élevé sont des structures en matériaux combustibles, des structures dont le toit est en matériaux combustibles ou des structures qui ont une charge calorifique spécifique supérieure à 800 MJ/m².

NOTE 4 Il peut être admis par hypothèse que les structures qui présentent un risque d'incendie ordinaire sont des structures qui ont une charge calorifique spécifique comprise entre 800 MJ/m² et 400 MJ/m².

NOTE 5 Il peut être admis par hypothèse que les structures qui présentent un faible risque d'incendie sont des structures qui ont une charge calorifique spécifique inférieure à 400 MJ/m² ou des structures qui ne contiennent qu'une faible quantité de matériaux combustibles.

NOTE 6 La charge calorifique spécifique est le rapport entre l'énergie de la quantité totale de matériaux combustibles dans une structure et la surface globale de la structure.

NOTE 7 Pour les besoins du présent document, les structures associées à des zones dangereuses ou à des matériaux explosifs solides ne sont par hypothèse pas des structures avec risque d'explosion si l'une des conditions suivantes est remplie:

- la durée de présence des substances explosives est inférieure à 0,1 h/an;
- le volume de l'atmosphère explosive engendre une zone d'étendue négligeable;
- la zone dangereuse ne peut pas être frappée directement par un éclair et l'étincelage dangereux dans la zone dangereuse est évité. Cette condition est remplie dans les cas suivants:

Pour les zones dangereuses protégées par des abris métalliques, si l'abri formé par un dispositif de capture naturel agit en toute sécurité sans problème de perforation ou de point chaud, et si les réseaux internes à l'intérieur de l'abri, le cas échéant, sont protégés contre les surtensions afin d'éviter un étincelage dangereux.

Pour les zones dangereuses situées dans des structures, si celles-ci sont à l'intérieur de structures protégées par un SPF ou de structures à armature continue en métal ou en béton armé qui agissent comme un SPF naturel, qui satisfont aux exigences d'équipotentialité de l'IEC 62305-3 et si les réseaux internes de la zone, le cas échéant, sont protégés contre les surtensions afin d'éviter un étincelage dangereux.

NOTE 8 Les définitions et critères associés aux zones dangereuses et aux zones d'étendue négligeable figurent dans l'IEC 60079-10-1 [3] et l'IEC 60079-10-2 [4].

B.5 Probabilité P_C qu'un impact sur une structure entraîne des défaillances des réseaux internes

Un système de protection par parafoudres coordonnés est approprié comme mesure de protection pour réduire P_C .

La probabilité P_C qu'un impact sur une structure entraîne des défaillances des réseaux internes est donnée par:

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (\text{B.5})$$

P_{SPD} dépend de la conformité du système de protection par parafoudres coordonnés à l'IEC 62305-4 et des caractéristiques des réseaux internes. Les valeurs de P_{SPD} sont indiquées dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8;

C_{LD} est un facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation de la ligne à laquelle est connecté le réseau interne. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.9.

NOTE 1 Un système de protection par parafoudres coordonnés n'est efficace pour réduire P_C que dans les structures protégées par un SPF ou dans les structures à armature continue en métal ou en béton armé qui agit comme un SPF naturel, lorsque les exigences d'équipotentialité de l'IEC 62305-3 sont remplies, quelle que soit la classe de SPF.

NOTE 2 Si le toit est considéré comme une zone du bâtiment, les mesures de protection sont définies comme pour les autres zones. Si une protection contre les impacts directs est exigée, le matériel sur le toit est protégé par le SPF et les parafoudres sont conçus selon la source de dommages S1 (couplage résistif et couplage inductif) dans le Tableau B.7 ou dans le Tableau B.8 comme approche simple.

Tableau B.7 – Valeurs types de P_{SPD} pour les parafoudres sur le réseau basse tension qui servent de protection contre les sources de dommages S1, S2, S3, S4

NPF	Impacts directs et indirects sur la ligne				Impact à proximité de la structure		Impact sur la structure		Impact sur la structure	
	Source de dommages S3 ^a		Source de dommages S4 ^a		Source de dommages S2 ^a		Source de dommages S1 ^a (couplage inductif)		Source de dommages S1 ^b (couplage résistif)	
	kA 10/350 µs	P_{SPD}	kA 8/20 µs	P_{SPD}	kA 8/20 µs	P_{SPD}	kA 8/20 µs	P_{SPD}	kA 10/350 µs	P_{SPD}
Absence de parafoudre		1		1		1		1		1
III à IV	5	0,05	0,3	0,05	0,1	0,05	5	0,05	12,5	0,05
II	7,5	0,02	0,45	0,02	0,15	0,02	7,5	0,02	18,75	0,02
I	10	0,01	0,6	0,01	0,2	0,01	10	0,01	25	0,01
Meilleur que le NPF I			2,5 ^{c d}	10 ⁻⁴	2,5 ^c	10 ⁻⁴				
			3,75 ^{c d}	5 × 10 ⁻⁵	3,75 ^c	5 × 10 ⁻⁵				
			5 ^{c d}	10 ⁻⁵	5 ^c	10 ⁻⁵				

NOTE 1 Le NPF nécessaire pour les parafoudres peut être différent du NPF du SPF.

NOTE 2 Pour les lignes blindées, la valeur des courants peut être divisée par deux.

^a Pour obtenir des informations sur les valeurs de courant et les conditions spécifiques, voir l'IEC 62305-1:2024 Tableau E.1.

^b Les valeurs de courant se réfèrent à une seule ligne de service ($n = 1$) à conducteurs trois phases + neutre ($n' = 4$); facteur de répartition $k_e = 0,5$. Pour plus d'informations, voir l'IEC 62305-1:2024, Article E.2.

^c Parafoudre d'utilisation courante.

^d Les valeurs de S4 dans le Tableau E.1 de l'IEC 62305-1:2024 définies pour NPF I à IV sont indiquées dans les lignes "meilleur que le NPF I" du présent tableau.

Tableau B.8 – Valeurs types de P_{SPD} pour les parafoudres sur le réseau de communication qui servent de protection contre les sources de dommages S1, S2, S3, S4

NPF	Impacts directs et indirects sur la ligne				Impact à proximité de la structure		Impact sur la structure		Impact sur la structure	
	Source de dommages S3 ^a		Source de dommages S4 ^a		Source de dommages S2 ^{a e}		Source de dommages S1 ^{a d} (couplage inductif)		Source de dommages S1 ^b (couplage résistif)	
	kA 10/350 μ s	P_{SPD}	kA 8/20 μ s	P_{SPD}	kA 8/20 μ s	P_{SPD}	kA 8/20 μ s	P_{SPD}	kA 10/350 μ s	P_{SPD}
Absence de parafoudre		1		1		1		1		1
III à IV	1	0,05	0,3	0,05	0,1	0,05	5	0,05	1,25 ^f	0,05
II	1,5	0,02	0,45	0,02	0,15	0,02	7,5	0,02	1 875 ^f	0,02
I	2	0,01	0,6	0,01	0,2	0,01	10	0,01	2,5 ^f	0,01
Meilleur que le NPF I			2,5 ^c	10 ⁻⁴	2,5 ^c	10 ⁻⁴				
			3,75 ^c	5 × 10 ⁻⁵	3,75 ^c	5 × 10 ⁻⁵				
			5 ^c	10 ⁻⁵	5 ^c	10 ⁻⁵				

NOTE 1 Le NPF nécessaire pour les parafoudres peut être différent du NPF du SPF.

NOTE 2 Voir la Recommandation UIT-T K.67 [13] pour plus d'informations.

NOTE 3 Valeurs pour les lignes aériennes non blindées. Pour les lignes enterrées, les valeurs des courants peuvent être divisées par deux. Pour les lignes blindées, les valeurs des courants peuvent être divisées par deux.

^a Pour obtenir des informations sur les valeurs de courant et les conditions spécifiques, voir l'IEC 62305-1:2024, Tableau E.2.

^b Des informations plus précises sont données dans l'Article E.2 de l'IEC 62305-1:2024.

^c Parafoudre d'utilisation courante.

^d L'acheminement dans les conducteurs en boucle et leur distance par rapport au courant induit compromettent les valeurs des surintensités prévues. Les valeurs du Tableau E.2 de l'IEC 62305-1:2024 font référence à des conducteurs en boucle court-circuités et non blindés avec différents acheminements dans de grands bâtiments (zone de boucle de l'ordre de 50 m², largeur = 0,5 m), à 1 m de distance par rapport à la paroi de la structure, dans une structure non blindée ($k_c = 1$). Pour des caractéristiques de boucle et de structure différentes, il convient de multiplier les valeurs par les facteurs K_{S1} , K_{S2} , K_{S3} (voir l'Article B.6).

^e L'acheminement dans les conducteurs en boucle et leur distance par rapport au courant induit compromettent les valeurs des surintensités prévues. Les valeurs du Tableau E.2 de l'IEC 62305-1:2024 font référence à des conducteurs en boucle court-circuités et non blindés avec différents acheminements (zone de boucle de l'ordre de 50 m², largeur = 0,5 m), à 350 m de distance par rapport au coup de foudre, dans une structure non blindée. Pour des caractéristiques de boucle et de structure différentes, il convient de multiplier les valeurs par les facteurs K_{S1} , K_{S2} , K_{S3} (voir l'Article B.6).

^f Des informations plus précises sont données dans l'Article E.2 de l'IEC 62305-1:2024.

Les valeurs de probabilité P_{SPD} données dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 se réfèrent au cas où P_{Up} est négligeable par rapport à P_Q . Dans ce cas, $P_{SPD} = P_Q$. Les valeurs de P_{SPD} données dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 peuvent être obtenues au moyen d'un système comportant deux SPD. Pour certaines applications, l'installation de deux SPD peut ne pas être possible. Il est nécessaire de comparer le niveau de protection U_p et les paramètres de courant de décharge I_{imp} afin d'évaluer l'efficacité d'un système de parafoudres.

Des valeurs de probabilité P_{SPD} autres que celles indiquées dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 peuvent être utilisées si elles sont suffisantes pour réduire le risque R et la fréquence des dommages F au-dessous des valeurs tolérables.

NOTE 3 Les caractéristiques de la ligne en amont du système de SPD et du circuit interne en aval de ce système ont une forte influence sur la valeur de la probabilité P_{SPD} qu'un appareil protégé par un système de SPD soit endommagé. L'indisponibilité d'informations quant au choix approprié d'un système de parafoudres dont la probabilité P_{Up} est négligeable représente un problème complexe. Les règles simplifiées données à titre de recommandation générale à l'Annexe C de l'IEC 62305-4:2024 peuvent être utilisées comme première approximation. Dans ce cas, les valeurs de P_{SPD} obtenues sont supérieures à celles indiquées dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8.

NOTE 4 Des informations complémentaires sur le choix d'un système SPD qui donne la probabilité exigée P_{SPD} peuvent être fournies après une étude approfondie.

NOTE 5 Les valeurs indiquées dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 s'appliquent aux cas courants. Les valeurs de P_{SPD} fondées sur une analyse plus approfondie peuvent être déterminées selon l'Annexe D.

Tableau B.9 – Valeurs des facteurs C_{LD} et C_{LI} en fonction des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation

Type de ligne extérieure	Connexion à l'entrée	C_{LD}	C_{LI}
Ligne aérienne non blindée	Non définie	1	1
Ligne enterrée non blindée	Non définie	1	1
Ligne de puissance à neutre mis à la terre en plusieurs emplacements	Aucun	1	0,2
Ligne enterrée blindée (de puissance ou de communication)	Blindage non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0,3
Ligne aérienne blindée (de puissance ou de communication)	Blindage non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0,1
Ligne enterrée blindée (de puissance ou de communication)	Blindage relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0
Ligne aérienne blindée (de puissance ou de communication)	Blindage relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0
Câble de protection contre la foudre ou câblage dans des conduits ou canalisations métalliques de câble de protection contre la foudre	Blindage relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	0	0
Pas de ligne extérieure ou ligne optique	Pas de connexion à des lignes métalliques extérieures	0	0
Tout type	Connexion à une interface d'isolement selon l'IEC 62305-4 ^a	0	0
^a Pour ce matériel, les valeurs de C_{LD} et C_{LI} sont indiquées dans le présent tableau en fonction du type de ligne extérieure et de connexion à l'entrée. $C_{LD} = 0$ uniquement si l'interface d'isolement est protégée par un parafoudre ou s'il est démontré par des essais que la tenue aux chocs de l'interface d'isolement est appropriée. Dans le cas contraire, $C_{LD} = 1$. Voir aussi la Note 5.			

NOTE 6 Une interface d'isolement fait partie d'un réseau interne et sa probabilité de défaillance peut être évaluée en fonction de sa tension de tenue. Un parafoudre qui protège l'interface d'isolement, s'il est fourni, protège même le matériel en aval lorsque le réseau interne entre l'interface d'isolement et le matériel est blindé. Lorsque le réseau interne n'est pas blindé et que la tension induite dans cette boucle, calculée selon le NPF exigé, est supérieure à la tension de choc assignée du matériel, un parafoudre supplémentaire peut être utilisé pour protéger le matériel en aval.

NOTE 7 Dans l'évaluation de la probabilité P_C , les valeurs de C_{LD} données dans le Tableau B.9 se réfèrent aux réseaux internes blindés. La valeur de C_{LD} d'un réseau interne non blindé qui n'est pas connecté à des lignes extérieures ou à des lignes optiques, ou qui est connecté à des lignes extérieures qui comportent des câbles de protection contre la foudre ou à des systèmes qui comportent des câblages dans des conduits ou canalisations métalliques de câble de protection contre la foudre, reliés à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté, est égale à la probabilité selon laquelle la tension induite U_i est inférieure ou égale à la tension de choc assignée U_w du réseau interne ($U_i \leq U_w$). Pour l'évaluation de la tension induite U_i , voir l'IEC 62305-4:2024, Annexes A et H. Dans les autres cas, il est admis par hypothèse que $C_{LD} = 1$.

B.6 Probabilité P_M qu'un impact à proximité d'une structure entraîne des défaillances des réseaux internes

Un SPF maillé, des écrans, des précautions de cheminement, une tension de tenue améliorée, des interfaces d'isolement et des systèmes de protection par parafoudres coordonnés sont appropriés comme mesures de protection pour réduire P_M .

NOTE 1 Un SPF extérieur, même avec un NPF I, n'a généralement aucun effet de blindage significatif.

La probabilité P_M de défaillance des réseaux internes due à un impact à proximité d'une structure dépend des MPF adoptées (voir l'IEC 62305-4).

Si aucun système de protection par parafoudres coordonnés conforme aux exigences de l'IEC 62305-4 n'est prévu, la valeur de P_M est égale à la valeur de P_{MS} .

Si un système de protection par parafoudres coordonnés conforme à l'IEC 62305-4 est prévu, la valeur de P_M est donnée par:

$$P_M = P_{SPD} \times P_{MS} \quad (B.6)$$

Pour les réseaux internes dont les matériels ne satisfont pas aux normes de produits applicables en matière de résistivité ou de niveau de tension de tenue, il convient de formuler l'hypothèse $P_M = 1$.

P_{SPD} dépend du système de protection par parafoudres coordonnés, de la surface de boucle du circuit du parafoudre et de l'appareil à protéger. Les valeurs de P_{SPD} sont indiquées dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8.

NOTE 2 En raison des très faibles valeurs de charge prévisible qui circulent dans le parafoudre par rapport à ce à quoi un parafoudre habituel choisi peut résister, P_{SPD} est la probabilité que la valeur de la tension résiduelle dépasse le niveau de protection exigé qui correspond au courant qui circule dans le parafoudre (P_{Up}); cette probabilité dépend de la surface de boucle A du circuit du parafoudre et de l'appareil, et de la tension de choc assignée U_W de l'appareil à protéger. Des règles simplifiées sont données à titre de recommandation générale dans l'IEC 62305-4:2024, Annexe C.

Les valeurs de P_{MS} sont obtenues à partir du produit:

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3})^2 \quad (B.7)$$

où

K_{S1} prend en compte l'efficacité de l'écran de la structure, du SPF ou d'autres écrans à la frontière de la ZPF 0/1;

K_{S2} prend en compte l'efficacité des écrans internes de la structure à la frontière de la ZPF X/Y ($X > 0$, $Y > 1$);

K_{S3} prend en compte les caractéristiques du câblage interne (voir le Tableau B.10).

NOTE 3 Dans l'Équation (B.6), K_{S4} (qui était lié à la tension de tenue aux chocs du réseau à protéger dans les éditions précédentes du présent document) est égal à 1, car la tension de tenue est déjà prise en compte dans le calcul de N_M .

NOTE 4 $K_{S3} = S/50$,

où

$S = w \times l$ est la surface de boucle;

w (m) est la largeur du circuit interne;

l (m) est la longueur du circuit interne.

Dans une ZPF, à une distance de sécurité de l'écran de limite au moins égale à la largeur de maille w_m , les facteurs K_{S1} et K_{S2} pour le SPF ou pour les blindages spatiaux maillés peuvent être évalués comme suit:

$$K_{S1} = 0,12 \times w_{m1} \quad (\text{B.8})$$

$$K_{S2} = 0,12 \times w_{m2} \quad (\text{B.9})$$

où w_{m1} (m) et w_{m2} (m) sont les largeurs de maille du blindage spatial maillé ou des conducteurs de descente maillés de type SPF, ou encore la distance de séparation entre les colonnes métalliques de la structure ou entre les armatures en béton armé qui font office de SPF naturel.

Pour les blindages électromagnétiques métalliques continus d'une épaisseur supérieure ou égale à 0,1 mm, $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4}$.

NOTE 5 Lorsqu'il est prévu un réseau d'équipotentialité maillé conforme à l'IEC 62305-4, les valeurs de K_{S1} et K_{S2} peuvent être divisées par deux.

Si une boucle d'induction est active à proximité des conducteurs blindés à la frontière d'une ZPF, à une distance du blindage plus faible que la distance de sécurité, les valeurs de K_{S1} et K_{S2} sont plus élevées. Par exemple, pour les distances comprises entre $0,1 w_m$ et $0,2 w_m$ par rapport au blindage, il convient de doubler les valeurs de K_{S1} et K_{S2} .

Pour une cascade de ZPF, la valeur finale K_{S2} est le produit des valeurs correspondantes K_{S2} de chaque ZPF.

NOTE 6 La valeur maximale de K_{S1} et de K_{S2} est limitée à 1.

Tableau B.10 – Valeur du facteur K_{S3} en fonction du câblage interne

Type de câblage interne	K_{S3}^a
Câble non blindé – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles ^b	1
Câble non blindé – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille ^c	0,5
Câble non blindé – Précaution d'acheminement afin d'éviter des boucles de grande taille ^d	0,2
Câble non blindé – Précaution d'acheminement afin d'éviter des boucles ^e	0,01
Câbles blindés et câbles acheminés par des conduits métalliques ^f	0,000 1
^a Données relatives à des circuits de 100 m de longueur. Pour les circuits plus courts, les valeurs de K_{S3} peuvent être réduites proportionnellement. ^b Conducteurs en boucle avec différents acheminements (espacement entre conducteurs sous tension et conducteur PE $\geq 0,5$ m) dans de grands bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 50 m²). ^c Conducteurs en boucle acheminés dans le même conduit (espacement entre conducteurs sous tension et conducteur PE $\leq 0,25$ m) ou conducteurs en boucle avec différents acheminements dans de petits bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 25 m²). ^d Conducteurs en boucle acheminés dans le même conduit (espacement entre conducteurs sous tension et conducteur PE $\leq 0,1$ m) ou conducteurs en boucle avec différents acheminements dans de petits bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 10 m²). ^e Conducteurs en boucle acheminés dans le même câble (espacement entre conducteurs sous tension et conducteur PE de l'ordre de 0,005 m) (surface de boucle de l'ordre de 0,5 m²). ^f Blindages et conduits métalliques reliés à une borne d'équipotentialité aux deux extrémités, et matériel connecté à la même borne d'équipotentialité.	

B.7 Probabilité P_U qu'un impact sur une ligne entraîne des dommages dus à des tensions de contact

Les valeurs de probabilité P_U qu'un impact sur une ligne entraîne des dommages dus à des tensions de contact à l'intérieur de la structure dépendent des caractéristiques du blindage de la ligne, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés à la ligne, des mesures de protection telles que les restrictions physiques ou les panneaux d'avertissement et des interfaces d'isolement ou des parafoudres prévus pour le réseau d'équipotentialité à l'entrée de la ligne conformément à l'IEC 62305-3.

NOTE 1 Un système de protection par parafoudres coordonnés conforme à l'IEC 62305-4 n'est pas nécessaire pour réduire P_U . Dans ce cas, des SPD conformes à l'IEC 62305-3 sont suffisants.

Les valeurs de P_U sont données par:

$$P_U = P_{am} \times P_{EB} \times P_{LD} \times P_{TWS} \times C_{LD} \times r_t \quad (\text{B.10})$$

où

P_{am} dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou panneaux d'avertissement. Les valeurs de P_{am} sont données dans le Tableau B.1;

P_{TWS} est la probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible;

NOTE 2 L'objet d'un message d'alerte créé par un TWS est d'assurer une évacuation immédiate et complète de la zone exposée. Si cette évacuation n'est pas assurée ou si aucun TWS n'est prévu, ou si le fabricant ne déclare pas le FTWR, il est admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$ (voir aussi l'IEC 62305-1:2024, 7.1 pour les restrictions d'application d'un TWS).

NOTE 3 La déconnexion est une option qui peut être utilisée dans le cadre d'une évaluation au cas par cas, compte tenu de la tension générée en l'absence de protection contre les tensions de choc. La déconnexion peut être valable pour les chocs en provenance des lignes (directs ou induits). Voir l'IEC 62305-1 pour plus d'informations.

P_{LD} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un impact sur la ligne connectée en fonction des caractéristiques de la ligne. Les valeurs de P_{LD} sont données dans le Tableau B.11 et dans le Tableau B.12;

NOTE 4 Les valeurs de P_{LD} peuvent être calculées à l'aide des équations suivantes:

$$P_{LD} = P(I)$$

$$I = U_w / (4 \times R_s \times \sqrt{\rho \times 10^{-3}})$$

où

I est le courant de crête des premiers coups de foudre positif et négatif (kA);

R_s est la résistance par unité de longueur de la gaine (Ω/km);

ρ est la résistivité du sol ($\Omega \cdot \text{m}$).

P_{EB} dépend de la liaison équipotentielle conforme à l'IEC 62305-3. Les valeurs de P_{EB} sont indiquées dans le Tableau B.13;

NOTE 5 $P_{EB} = P_Q$

C_{LD} est un facteur qui dépend des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolement de la ligne. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.9;

r_t est le facteur de réduction en fonction du type de surface du sol ou du plancher. Les valeurs de r_t sont données dans le Tableau B.2.

NOTE 6 Lorsqu'un ou plusieurs SPD conformes à l'IEC 62305-3 sont prévus pour la liaison équipotentielle à l'entrée de la ligne, la mise à la terre et l'équipotentialité réalisées conformément à l'IEC 62305-4 peuvent améliorer la protection.

Tableau B.11 – Valeur de la probabilité P_{LD} en fonction de la résistance R_s de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs U_w du matériel

Conditions de cheminement, de blindage et de mise à la terre		Tension de tenue U_w en kV							
		0,35	0,5	1	1,5	2,5	4	6	12
		P_{LD}							
Ligne aérienne ou enterrée, non blindée ou blindée, dont le blindage n'est pas relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté		1	1	1	1	1	1	1	1
Câble blindé aérien ou enterré, dont le blindage est relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	$5 \Omega/\text{km} < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	1	1	0,95	0,9	0,8	0,4
	$1 \Omega/\text{km} < R_s \leq 5 \Omega/\text{km}$	1	1	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1	0,02
	$R_s \leq 1 \Omega/\text{km}$	1	0,85	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02	0,005

Tableau B.12 – Valeur de la probabilité P_{LD} en fonction de la résistance R_S de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs supérieure U_W du matériel

Conditions de cheminement, de blindage et de mise à la terre		Tension de tenue U_W en kV					
		16	20	40	60	75	95
		P_{LD}					
Ligne aérienne ou enterrée, non blindée ou blindée, dont le blindage n'est pas relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté		1	1	1	1	1	1
Câble blindé aérien ou enterré, dont le blindage est relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	$5 \Omega/\text{km} < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	0,3	0,15	0,03	0,01	0,007	0,005
	$1 \Omega/\text{km} < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,01	0,007	0,001 5	0,001	4×10^{-4}	2×10^{-4}
	$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,002	0,001 5	4×10^{-4}	$1,5 \times 10^{-4}$	10^{-4}	$0,7 \times 10^{-4}$

NOTE 7 En zone suburbaine et urbaine, une ligne de puissance BT utilise généralement un câble non blindé enterré tandis qu'une ligne de communication utilise un câble blindé enterré (avec un nombre minimal de 20 conducteurs, une résistance de blindage de $5 \Omega/\text{km}$ et un diamètre du fil de cuivre de 0,6 mm). Dans les zones rurales, une ligne de puissance BT et une ligne de communication utilisent chacune un câble non blindé aérien (diamètre du fil de cuivre: 1 mm). Une ligne de puissance HT enterrée utilise généralement un câble blindé de résistance de blindage de l'ordre de $1 \Omega/\text{km}$ à $5 \Omega/\text{km}$. Les informations fournies par la présente note peuvent être améliorées après une étude plus approfondie.

NOTE 8 Des valeurs inférieures à celles indiquées dans le Tableau B.11 et dans le Tableau B.12 peuvent être attribuées à la probabilité P_{LD} lorsque l'écran de la ligne est relié aux deux extrémités au même système de mise à la terre.

Tableau B.13 – Valeurs types de probabilité P_{EB} qui correspondent au NPF pour lequel le parafoudre est conçu pour protéger contre la source de dommages S3

NPF	Lignes de puissance kA 10/350 μs	Lignes de communication kA 10/350 μs	P_{EB}
Absence de parafoudre			1
III à IV	5	1	0,05
II	7,5	1,5	0,02
I	10	2	0,01
NOTE Pour obtenir des informations sur les valeurs de courant et les conditions spécifiques, voir l'IEC 62305-1:2024, Tableaux E.1 et E.2.			

NOTE 9 Des valeurs de P_{EB} inférieures à celles du Tableau B.13 sont possibles si les valeurs de I_{imp} et de I_n pour lesquelles les parafoudres sont conçus sont supérieures à celles qui sont exigées pour le NPF I.

B.8 Probabilité P_V qu'un impact sur une ligne entraîne des dommages physiques par incendie ou explosion

Les valeurs de probabilité P_V qu'un impact sur une ligne qui entre dans la structure entraîne des dommages physiques par incendie ou explosion dépendent des caractéristiques du blindage de la ligne, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés à la ligne et des interfaces d'isolement ou des parafoudres prévus pour le réseau d'équipotentialité à l'entrée de la ligne conformément à l'IEC 62305-3.

NOTE 1 Un système de protection par parafoudres coordonnés conforme à l'IEC 62305-4 n'est pas nécessaire pour réduire P_V . Dans ce cas, des SPD conformes à l'IEC 62305-3 sont suffisants.

La valeur de P_V est donnée par:

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times P_{TWS} \times C_{LD} \times r_f \times r_p \quad (B.11)$$

où

P_{LD} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un impact sur la ligne connectée en fonction des caractéristiques de la ligne. Les valeurs de P_{LD} sont données dans le Tableau B.11 et dans le Tableau B.12;

P_{TWS} est la probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible;

NOTE 2 L'objet d'un message d'alerte créé par un TWS est d'assurer une évacuation immédiate et complète de la zone exposée. Si cette évacuation n'est pas assurée ou si aucun TWS n'est prévu, ou si le fabricant ne déclare pas le FTWR, il est admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$ (voir aussi l'IEC 62305-1:2024, 7.1 pour les restrictions d'application d'un TWS).

NOTE 3 La déconnexion est une option qui peut être utilisée dans le cadre d'une évaluation au cas par cas, compte tenu de la tension générée en l'absence de protection contre les tensions de choc. La déconnexion peut être valable pour les chocs en provenance des lignes (directs ou induits). Voir l'IEC 62305-1 pour plus d'informations.

P_{EB} dépend de la liaison équipotentielle conforme à l'IEC 62305-3. Les valeurs de P_{EB} sont données dans le Tableau B.13;

C_{LD} est un facteur qui dépend des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolement de la ligne. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.9;

r_p est le facteur de réduction en fonction des dispositions prises pour réduire les conséquences d'un incendie. Les valeurs de r_p sont données dans le Tableau B.5;

r_f est le facteur de réduction en fonction du risque d'incendie ou d'explosion de la structure. Les valeurs de r_f sont données dans le Tableau B.6.

NOTE 4 Lorsqu'un coup de foudre frappe directement un service extérieur enterré, ce service peut être endommagé (dommages mécaniques, incendie, etc.) ou le câble peut être perforé en plusieurs endroits sur sa longueur, ce qui entraîne une détérioration sur le long terme (corrosion, par exemple). Ces dommages n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document, qui examine uniquement l'incidence des services sur la structure à l'étude.

B.9 Probabilité P_W qu'un impact sur une ligne entraîne des défaillances des réseaux internes

Les valeurs de probabilité P_W qu'un impact sur une ligne qui entre dans la structure entraîne des défaillances des réseaux internes dépendent des caractéristiques du blindage de la ligne, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés à la ligne et des interfaces d'isolement ou du système de protection par parafoudres coordonnés installé.

La valeur de P_W est donnée par:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{TWS} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.12)$$

où

P_{SPD} dépend du système de protection par parafoudres coordonnés. Les valeurs de P_{SPD} sont données dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8;

P_{TWS} est la probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible;

NOTE L'objet d'un message d'alerte créé par un TWS est d'assurer une évacuation immédiate et complète de la zone exposée. Si cette évacuation n'est pas assurée ou si aucun TWS n'est prévu, ou si le fabricant ne déclare pas le FTWR, il est admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$ (voir aussi l'IEC 62305-1:2024, 7.1 pour les restrictions d'application d'un TWS).

P_{LD} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un impact sur la ligne connectée en fonction des caractéristiques de la ligne. Les valeurs de P_{LD} sont données dans le Tableau B.11 et dans le Tableau B.12;

C_{LD} est un facteur qui dépend des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolement de la ligne. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.9.

B.10 Probabilité P_Z qu'un impact à proximité d'une ligne entrante entraîne des défaillances des réseaux internes

Les valeurs de probabilité P_Z de défaillances des réseaux internes dues à un impact de foudre à proximité d'une ligne qui entre dans la structure dépendent des caractéristiques du blindage de la ligne et des interfaces d'isolement ou du système de protection par parafoudres coordonnés.

La valeur de P_Z est donnée par:

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{TWS} \times C_{LI} \quad (B.13)$$

où

P_{SPD} dépend du système de protection par parafoudres coordonnés. Les valeurs de P_{SPD} sont données dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8;

P_{TWS} est la probabilité qu'un système d'alerte aux orages (TWS) ne détecte pas un phénomène de foudre dans la zone cible;

NOTE Si un TWS génère un message d'alerte, il n'est considéré comme efficace que si la déconnexion immédiate et complète des lignes de distribution extérieures est assurée. Si cette déconnexion n'est pas assurée ou si aucun TWS n'est prévu, il peut être admis par hypothèse que $P_{TWS} = 1$.

C_{LI} est un facteur qui dépend des conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolement de la ligne. Les valeurs de C_{LI} sont données dans le Tableau B.9.

B.11 Probabilité P_p qu'une personne se trouve à un emplacement dangereux

La probabilité P_p qu'une personne se trouve à un emplacement dangereux dépend du temps t_z en heures par an pendant lequel les personnes sont présentes à cet emplacement dangereux:

$$P_p = t_z / 8\,760 \quad (\text{B.14})$$

NOTE 1 Lorsque la valeur de t_z est inconnue, le rapport $t_z/8\,760 = 1$.

NOTE 2 Lorsqu'un TWS permet l'évacuation temporaire d'une zone, t_z est multiplié par P_{TWS} .

B.12 Probabilité P_e qu'un matériel soit exposé à un événement provoquant des dommages

La probabilité P_e qu'un matériel non endommagé soit exposé à un événement qui provoque des dommages dépend du temps t_e en heures par année d'exposition du matériel à l'événement qui provoque des dommages.

$$P_e = t_e / 8\,760 \quad (\text{B.15})$$

NOTE 1 Lorsque la valeur de t_e est inconnue, le rapport $t_e/8\,760 = 1$.

NOTE 2 Dans le cas d'une zone explosive P_e peut être calculé en tant que $P_e = (t_e / 8\,760) \times r_f$ (r_f faisant référence au temps de présence maximal d'une atmosphère explosive divisé par 8 760) lors du calcul des composantes de risque. Cela ne s'applique pas au calcul de la fréquence des dommages, pour lequel seule la probabilité P_e est utilisée.

Annexe C (informative)

Évaluation des pertes L_X

C.1 Généralités

L_X représente l'étendue moyenne des pertes dues à un événement dangereux, exprimée de manière relative par rapport à l'étendue maximale des pertes dans la zone à risque concernée de la structure à protéger.

Il convient de choisir les valeurs de L_X en fonction du type de structure, d'après sa fonction ou son contenu, ou les deux, de l'incidence sur la population de la perte de la structure (coûts des mesures d'urgence destinées à limiter les dommages, coûts entraînés par la perte de la structure et de la production, coûts de reconstruction et frais généraux que la société doit supporter, par exemple).

Il convient que les valeurs des pertes L_X soient estimées et fixées par le concepteur de la protection contre la foudre (ou par le propriétaire de la structure). Les valeurs moyennes des pertes L_X dans une structure données dans la présente Annexe C sont des valeurs types. D'autres valeurs peuvent être attribuées après une étude approfondie.

NOTE 1 Lorsque les dommages sur une structure dus à la foudre peuvent également impliquer des structures environnantes ou l'environnement (propagation d'un incendie, explosion, émissions chimiques ou radioactives, par exemple), une évaluation plus approfondie de L_X qui tient compte de ces pertes complémentaires peut être effectuée. Voir l'Annexe E.

NOTE 2 Il est rare que la perte de vies humaines ne soit pas du tout prise en compte, car du personnel est présent (au moins pendant certaines périodes) dans la plupart des structures (équipe de maintenance ou personnel de sécurité, par exemple). La présence humaine est presque constante dans d'autres structures telles que les édifices patrimoniaux nationaux ou les bâtiments de bureaux qui accueillent des employés et des visiteurs.

Il est souligné que le risque global relatif à une structure ou une application donnée est la plupart du temps constitué de plusieurs composantes de risque. Toutefois, pour calculer uniquement le risque de perte de vies humaines (blessures permanentes comprises), l'une ou les deux pertes relatives moyennes suivantes peuvent être fixées à la valeur 0:

L_{F2} est le rapport type moyen des dommages physiques provoqués par un incendie ou une explosion;

L_{O2} est le rapport type moyen des dommages physiques provoqués par une défaillance des réseaux internes.

De la même manière, pour calculer uniquement le risque en prenant pour hypothèse qu'il n'existe aucun risque de perte de vies humaines (blessures permanentes comprises), il est admis de fixer une ou plusieurs des pertes relatives moyennes suivantes à la valeur 0:

L_T est le rapport type moyen du nombre de personnes blessées par des tensions de contact et de pas;

L_D est le rapport type moyen du nombre de personnes blessées par un coup de foudre direct;

L_{F1} est le rapport type moyen du nombre de personnes blessées par un incendie ou une explosion;

L_{O1} est le rapport type moyen du nombre de personnes blessées par une défaillance des réseaux internes.

Les autres paramètres sont calculés en fonction de l'application.

C.2 Pertes relatives moyennes par événement dangereux

Les pertes L_X se réfèrent à l'étendue relative moyenne d'un type particulier de perte pour un événement dangereux dû à un impact de foudre, compte tenu de son étendue et de ses effets consécutifs.

La valeur des pertes L_X varie avec la cause du dommage (D_{1D} , D_{1T} , D_2 et D_3).

Il convient de déterminer les pertes L_X pour chaque zone à risque qui compose la structure ou pour la structure dans son ensemble.

Les valeurs des pertes L_X pour chaque zone à risque ou pour la structure peuvent être déterminées conformément au Tableau C.1 et au Tableau C.2.

Tableau C.1 – Valeurs des pertes pour chaque zone

Pertes types
$L_{AT} = L_{UT} = L_T$
$L_{AD} = L_D$
$L_{B1} = L_{V1} = L_{F1}$
$L_{B2} = L_{V2} = L_{F2}$
$L_{C1} = L_{M1} = L_{W1} = L_{Z1} = L_{O1}$
$L_{C2} = L_{M2} = L_{W2} = L_{Z2} = L_{O2}$

où

L_T est le rapport type moyen entre le nombre de personnes blessées par des tensions de contact et de pas du fait d'un événement dangereux et le nombre total de personnes dans la zone à risque ou la structure (voir le Tableau C.2);

L_D est le rapport type moyen entre le nombre de personnes blessées par un coup de foudre direct du fait d'un événement dangereux et le nombre total de personnes exposées dans la zone à risque ou la structure (voir le Tableau C.2);

L_{F1} est le rapport type moyen entre le nombre de personnes blessées par un incendie ou une explosion du fait d'un événement dangereux et le nombre total de personnes dans la zone à risque ou la structure (voir le Tableau C.2);

L_{F2} est le rapport type moyen entre les dommages physiques provoqués par un incendie ou une explosion du fait d'un événement dangereux et l'étendue maximale des dommages dans la zone à risque ou la structure (voir le Tableau C.2);

L_{O1} est le rapport type moyen entre le nombre de personnes blessées par une défaillance des réseaux internes du fait d'un événement dangereux et le nombre total de personnes dans la zone à risque ou la structure (voir le Tableau C.2);

L_{O2} est le rapport type moyen entre le nombre de dommages physiques provoqués par une défaillance des réseaux internes du fait d'un événement dangereux et l'étendue maximale des dommages dans la zone à risque ou la structure (voir le Tableau C.2).

NOTE 1 La valeur moyenne type des pertes peut être considérée comme la valeur moyenne des pertes dues à un événement dangereux qui provoque des dommages.

NOTE 2 En ce qui concerne L_{F1} ou L_{O1} et L_{F2} ou L_{O2} , les niveaux de pertes peuvent être différents pour les personnes et pour la structure, ce qui signifie par exemple que pour un hôpital, la valeur L_{F1} peut être choisie dans la première ligne et la valeur L_{F2} dans la deuxième ligne du Tableau C.2, et inversement pour un musée.

NOTE 3 Il est admis d'utiliser $L_{F1} = L_{F2}$ en choisissant la valeur la plus élevée parmi les deux valeurs suggérées dans le Tableau C.2.

NOTE 4 L_T , L_D , L_{F1} , L_{O1} se réfèrent aux êtres humains, tandis que L_{F2} et L_{O2} se réfèrent aux structures et aux réseaux internes.

Tableau C.2 – Valeurs moyennes types de L_T , L_D , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} et L_{O2}

Type de structures ou de zones à risque	L_T	L_D	L_{F1}	L_{F2}	L_{O1}	L_{O2}
Structures ou zones à risque hautement essentielles ou à pertes très élevées ^a	10^{-2}	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-2} - 2 \times 10^{-1}$	$10^{-2} - 2 \times 10^{-1}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-3} - 10^{-2}$
Structures ou zones à risque essentielles ou à pertes élevées ^b			$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-3}$
Structures ou zones à risque à pertes normales ^c			$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$	$10^{-5} - 5 \times 10^{-4} e$	$10^{-5} - 5 \times 10^{-4} e$
Structures ou zones à risque à faibles pertes ^d			$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$	$10^{-5} - 10^{-4} e$	$10^{-5} - 10^{-4} e$
^a Telles que les structures ou les zones à risque avec risque d'explosion, les structures ou les zones à risque équipées de matériels de réanimation électriques ou autres structures, lorsque les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures sur des êtres humains ou de danger pour l'environnement (blocs opératoires et unités de soins intensifs dans les hôpitaux, par exemple). ^b Telles que les structures ou les zones à risque liées aux personnes à mobilité réduite (bloc chambres dans les hôpitaux et les prisons, par exemple), les structures ou les zones à risque équipées de matériels essentiels à la réalisation de certains processus (salle de contrôle dans les structures industrielles, centrale électrique, centre de télécommunications, par exemple) et les structures ou les zones à risque avec un patrimoine culturel (musée, par exemple). ^c Telles que les structures ouvertes au public (églises, hôtels, écoles, bureaux, bâtiments civils ouverts au public, installations de loisirs, supermarchés, par exemple). ^d Telles que les bâtiments privés (immeuble d'appartements, ferme, par exemple). ^e Cela s'applique uniquement lorsque le risque d'explosion ou les défaillances des réseaux internes impliquent des risques de blessures sur des êtres humains ou de danger pour l'environnement (par exemple, défaillance d'un matériel en raison d'un choc qui entraîne un rejet d'eau polluée dans la rivière ou lorsque l'incendie d'un matériel provoqué par un choc peut se propager dans la structure qui comporte des systèmes photovoltaïques ou des tensions en courant continu). En général, les structures ou les zones à risque qui présentent un tel risque sont classées comme étant à pertes très élevées ou à pertes élevées.						

Une évaluation plus approfondie peut être nécessaire pour les valeurs de perte (L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} , L_{O2}). Les valeurs les plus élevées pour les pertes indiquées dans le Tableau C.2 sont recommandées comme valeurs par défaut. D'autres valeurs peuvent être utilisées en s'appuyant sur une étude ou une expérience spécifique, en particulier si des valeurs inférieures aux valeurs minimales suggérées indiquées dans le Tableau C.2 sont utilisées.

Lorsque des dommages sur une structure dus à la foudre impliquent des structures environnantes ou l'environnement (par exemple, émissions chimiques ou radioactives), il convient de tenir compte des pertes complémentaires L_E pour évaluer les pertes totales (L_{BT} et L_{VT}).

$$L_{BT} = L_B + L_E \quad (C.1)$$

$$L_{VT} = L_V + L_E \quad (C.2)$$

où L_E est le rapport type moyen des pertes à l'extérieur de la structure du fait d'un événement dangereux sur l'étendue maximale des pertes dans la zone.

NOTE 5 L_E peut être évalué à l'aide de l'Annexe E.

NOTE 6 Des facteurs d'environnement peuvent également être pris en compte, s'ils sont traités comme une zone distincte.

Annexe D (informative)

Évaluation de P_{SPD}

D.1 Généralités

Les valeurs indiquées dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 s'appliquent aux cas courants. Les valeurs de P_{SPD} fondées sur une analyse plus approfondie peuvent être déterminées selon la présente Annexe D.

La présente Annexe D explique comment le facteur de probabilité P_{SPD} d'un système de protection par parafoudres coordonnés peut être déterminé. Elle est destinée aux applications particulières dans lesquelles des valeurs de P_{SPD} autres que celles données dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 sont utilisées.

L'évaluation des valeurs de P_{SPD} par rapport aux différentes sources de dommages (à savoir S1, S2, S3 et S4) est réalisée au moyen de graphiques obtenus à l'aide d'un outil de calcul qui tient compte de l'effet de propagation entre le parafoudre et le matériel à protéger dans le circuit, de la tension induite dans ce même circuit et de la chute de tension dans les câbles de connexion du parafoudre.

Les graphiques font référence à des installations types et à la tension de choc assignée définie du matériel, c'est-à-dire 2,5 kV pour l'accès d'alimentation et 1,5 kV pour l'accès de signalisation d'un matériel. Cela fait office de recommandation quant à l'obtention de P_{SPD} pour d'autres cas à l'aide d'une méthode similaire.

La probabilité P_X que les mesures de protection réduisent les défaillances des réseaux internes dépend de la probabilité P_{SPD} d'un système de protection par parafoudres coordonnés.

Une défaillance d'un matériel protégé par un système de parafoudre peut se produire si:

- a) la charge associée au courant I_{SPD} qui traverse le parafoudre dépasse la valeur tolérée par le parafoudre; ou
- b) la tension de protection U_p dépasse le niveau de protection exigé U_{pr} du parafoudre afin de réduire la valeur de surtension à l'entrée du matériel à une valeur inférieure ou égale à la tension de choc assignée (U_w) du matériel.

La probabilité qu'une surtension n'endommage pas un matériel protégé par un système de protection par parafoudres coordonnés correspond à la probabilité qu'aucune des conditions (a) et (b) ne se produise.

Soit:

- P_Q : probabilité associée à la source de dommages à l'origine du courant décrit dans la condition (a);
- P_{Up} : probabilité associée à la source de dommages à l'origine de la condition (b).

Alors la probabilité P_{SPD} est donnée par:

$$P_{SPD} = 1 - (1 - P_Q) \times (1 - P_{Up}) \quad (D.1)$$

La probabilité P_{SPD} peut être simplifiée comme suit lorsque la probabilité P_Q se réfère aux premiers coups de foudre positif et négatif et que la probabilité P_{Up} se réfère aux impacts suivants des éclairs négatifs (cas le plus défavorable), et lorsque P_Q et P_{Up} sont nettement inférieures à 1:

$$P_{SPD} = P_Q + 0,9 \times P_{Up} \quad (D.2)$$

D.2 Valeurs de P_Q

D.2.1 Valeurs de probabilité des premiers coups de foudre négatif et positif

Les valeurs de probabilité de la charge peuvent être calculées avec les distributions log-normales de la charge du premier coup négatif de courte durée (P_{Q-} , moyenne $m = 4,69$ et dispersion $\sigma = 0,383$) et du premier coup positif de courte durée (P_{Q+} , moyenne $m = 17,3$, dispersion $\sigma = 0,57$) données à l'Annexe A de l'IEC 62305-1:2024, et en combinant les probabilités associées à une valeur de charge donnée, en estimant que 90 % des coups sont négatifs et que 10 % sont positifs. La Figure D.1 montre ce calcul (P_Q).

D.2.2 Source de dommages S1

D'après l'Annexe E de l'IEC 62305-1:2024, la charge de la source de dommages S1 à l'origine du courant de choc I_{imp} dans le parafoudre peut être calculée comme suit:

$$Q = I_{imp} \times n \times n' / k_e \quad (D.3)$$

où

$$k_e = n' \times R_s / (n' \times R_s + R_c);$$

n est le nombre de services qui entrent dans la structure;

n' est le nombre de conducteurs du service concerné;

R_s est la résistance des blindages par unité de longueur du service blindé;

R_c est la résistance des conducteurs par unité de longueur du service;

$k_e = 1$ pour les conducteurs non blindés.

La valeur de la charge donnée par l'Équation (D.3) est utilisée pour lire, sur la Figure D.1, la probabilité P_Q du courant de choc I_{imp} du parafoudre.

EXEMPLE $n = 2$ services et $n' = 4$ conducteurs non blindés, $I_{imp} = 10$ kA, l'Équation (D.3) donne $Q = 80$ C et la probabilité $P_Q = 0,012$ peut être estimée sur la Figure D.1, tandis que lorsque $n = 1$, pour le même courant de 10 kA, l'Équation (D.3) donne $Q = 40$ °C et la probabilité $P_Q = 0,033$ peut être estimée sur la Figure D.1.

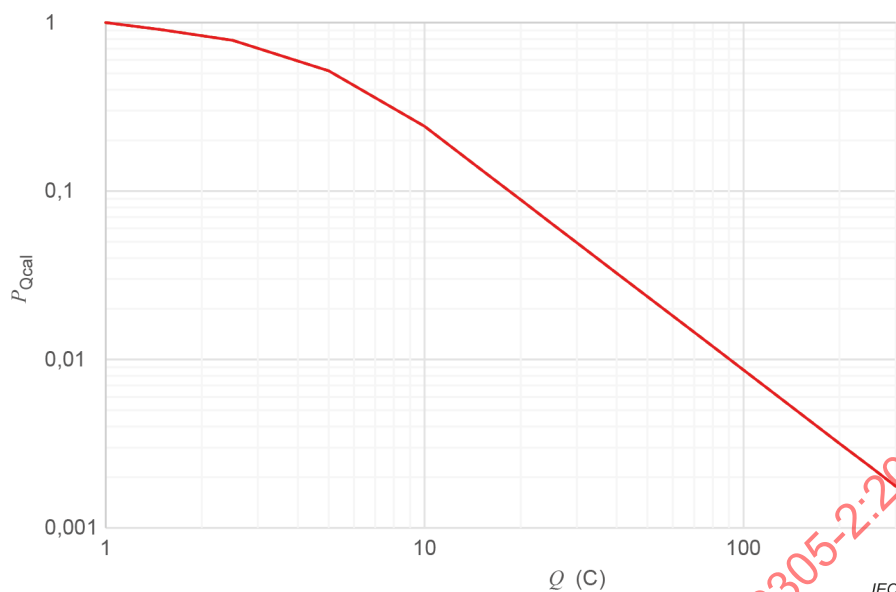


Figure D.1 – Probabilité de charge des premiers coups de foudre négatif et positif

D.2.3 Source de dommages S3

D'après l'Annexe E de l'IEC 62305-1:2024, la charge de la source de dommages S3 à l'origine du courant de choc I_{imp} dans le parafoudre peut être calculée comme suit:

$$Q = 2,5 \times n' \times I_{\text{imp}} / k_e \quad (\text{D.4})$$

La valeur de la charge donnée par l'Équation (D.4) est utilisée pour lire, sur la Figure D.1, la probabilité P_Q du courant de choc I_{imp} du parafoudre.

EXEMPLE 1 $n' = 2$ conducteurs non blindés. Pour une ligne de communication, lorsque $I_{\text{imp}} = 10$ kA, l'Équation (D.4) donne $Q = 50$ C et la Figure D.1 donne $P_{Q1} = 0,024$. Pour une ligne de communication, lorsque $I_{\text{imp}} = 2,5$ kA, l'Équation (D.4) donne $Q = 12,5$ °C et la Figure D.1 donne $P_Q = 0,175$.

Dans le cas spécifique d'une ligne de communication à deux conducteurs (une paire), appelée ci-après "ligne de communication conventionnelle", il est courant que la longueur (l_1) de la section des deux conducteurs qui entre dans la structure soit égale à environ 10 % de la longueur totale (environ 4 km à 5 km de longueur totale, en règle générale), alors que les autres sections comportent de nombreuses paires, par exemple plusieurs centaines. Dans ce cas, la valeur de probabilité P_Q peut être évaluée spécifiquement en lien avec la section des deux conducteurs de la manière suivante:

$$P_Q = 0,1 \times P_{Q1} \quad (\text{D.5})$$

où P_{Q1} est la probabilité de la charge donnée par l'Équation (D.4).

EXEMPLE 2 $n' = 2$ conducteurs non blindés. Pour une ligne de communication conventionnelle, lorsque $I_{\text{imp}} = 1$ kA, l'Équation (D.4) donne $Q = 5$ C et la Figure D.1 donne $P_{Q1} = 0,52$, et il est alors possible d'utiliser l'Équation (D.5) qui donne $P_Q = 0,052$.

D.2.4 Sources de dommages S2 et S4

D'après les valeurs de courant induit imputables à la source de dommages S2 ou S4 données dans le Tableau B.7 et dans le Tableau B.8 ou dans le Tableau E.2 et dans le Tableau E.3 de l'IEC 62305-1:2024, et étant donné que les parafoudres types utilisés ont une valeur de courant nominal de décharge $I_n = 5$ kA, les valeurs de probabilité P_{QM} et P_{QZ} sont d'environ 10^{-4} à 10^{-5} (quasiment négligeables).

D.3 Niveau de protection par parafoudre

D.3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les parafoudres à coupure de tension et à limitation de tension sont définis comme suit:

- parafoudre à coupure de tension: parafoudre qui présente une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui peut chuter rapidement en réponse à un choc de tension;
- parafoudre à limitation de tension: parafoudre qui présente une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui diminue de manière continue avec un courant et une tension de choc croissants.

D.3.2 Source de dommages S1

D.3.2.1 Un parafoudre à limitation de tension

La valeur P_{Up} est obtenue pour un courant de 1 kA (comme P_{Up} concerne les coups suivants) et la tension résiduelle à 1 kA est appelée U_p' ci-après.

NOTE 1 Cette valeur peut être obtenue à partir de la fiche technique du parafoudre et, en cas d'indisponibilité, une approximation courante consiste à prendre la tension résiduelle à 5 kA et à la réduire de 200 V.

Les valeurs de P_{Up} en fonction de la tension résiduelle à 1 kA (U_p') sont indiquées sur la Figure D.2 pour différentes valeurs de paramètre k_{1i} , lorsque $U_w = 2,5$ kV, $l_c = 0,5$ m, $n \times n' \geq 8$ et $k_r > 1$.

où

$$k_{1i} = w \times k_c \times l_{eq} / d;$$

$$l_{eq} = l_v + k_o \times l_o \text{ [m] (voir l'Annexe H de l'IEC 62305-4:2024);}$$

l_v et l_o sont les longueurs (m) de la boucle d'induction entre le parafoudre et le matériel qui sont respectivement parallèle et orthogonale aux conducteurs de descente;

$$l_o' = k_o \times l_o = [l_o \times w \times \ln(d + l_o) / d] / [l_o \times \ln(d + w) / d] \text{ [m];}$$

w est la largeur (m) du réseau interne;

k_c est la répartition du courant entre les conducteurs de descente;

d est la distance (m) entre la boucle d'induction et le conducteur de descente le plus proche;

k_r est le coefficient de réflexion;

k_o est le rapport entre les tensions induites dans une boucle orthogonale et dans une boucle parallèle au conducteur de descente.

NOTE2 Selon le Tableau B.10, un câble blindé peut être représenté par $w = 0,000\ 05$ m.