

NF C17-100-2, NF EN 62305-2

DÉCEMBRE 2012

www.afnor.org

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients STANDARDS WEBPORT. Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of STANDARDS WEBPORT (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (harcopy or media), is strictly prohibited.



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

WEBPORT

Pour : VINCI Energies

le : 26/04/2022 à 18:07

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

norme européenne

NF EN 62305-2

Décembre 2012

norme française

Indice de classement : **C 17-100-2**

ICS : 29.020 ; 91.120.40

Protection contre la foudre

Partie 2 : Evaluation des risques

E : Protection against lightning - Part 2: Risk management

D : Blitzschutz - Teil 2: Risiko-Management

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 14 novembre 2012, pour prendre effet à compter du 14 décembre 2012.

Remplace la norme homologuée NF EN 62305-2, de novembre 2006 qui reste en vigueur jusqu'en janvier 2014.

Correspondance

La Norme européenne EN 62305-2:2012 a le statut d'une norme française et reproduit la Norme internationale CEI 62305-2:2010 avec des modifications.

Analyse

Le présent document est applicable à l'évaluation des risques, dans une structure, en raison des coups de foudre au sol.

Descripteurs

Protection contre la foudre, bâtiment, installation, composants, structure, service, définition, risque, gestion, évaluation, protection, mesure de protection, statistique.

Modifications

Par rapport au document remplacé, publication d'une nouvelle édition.

Corrections

AVANT-PROPOS NATIONAL

Ce document constitue la version française complète de la norme européenne EN 62305-2:2012 qui reproduit le texte de la publication CEI 62305-2:2010 avec des modifications.

Les modifications du CENELEC sont signalées par un trait vertical dans la marge gauche du texte.

Cette Norme Française fait référence à des Normes internationales. Quand une Norme internationale citée en référence a été entérinée comme Norme Européenne, ou bien quand une norme d'origine européenne existe, la Norme Française issue de cette Norme Européenne est applicable à la place de la Norme internationale.

L'Union Technique de l'Électricité a voté favorablement au CENELEC sur le projet d'EN 62305-2, le 27 janvier 2012.

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN 62305-2

Mai 2012

ICS 29.020; 91.120.40

Remplace EN 62305-2:2006 + corr. Nov.2006

Version française

**Protection contre la foudre -
Partie 2: Evaluation des risques
(CEI 62305-2:2010, modifiée)**

Blitzschutz -
Teil 2: Risiko-Management
(IEC 62305-2:2010, modifiziert)

Protection against lightning -
Part 2: Risk management
(IEC 62305-2:2010, modified)



La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2012-03-19. Les membres du CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du CEN-CENELEC Management Centre ou auprès des membres du CENELEC.

La présente Norme Européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CENELEC dans sa langue nationale, et notifiée au CEN-CENELEC Management Centre, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

CENELEC

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization

Management Centre: Avenue Marnix 17, B - 1000 Bruxelles

SOMMAIRE

Avant-propos	7
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	10
3.1 Termes et définitions	10
3.2 Symboles et abréviations	16
4 Explication des termes	20
4.1 Dommages et pertes	20
4.2 Risque et composantes de risque	21
4.3 Composition des composantes de risque	23
5 Evaluation des risques	25
5.1 Procédure de base	25
5.2 Structure à prendre en compte pour l'évaluation des risques	25
5.3 Risque tolérable R_T	25
5.4 Procédure particulière pour évaluer le besoin de protection	25
5.5 Procédure d'évaluation des impacts économiques de la protection	26
5.6 Mesures de protection	29
5.7 Choix des mesures de protection	30
6 Evaluation des composantes de risque	30
6.1 Formule de base	30
6.2 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur une structure (S1)	30
6.3 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts à proximité de la structure (S2)	31
6.4 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur un service connecté à la structure (S3)	31
6.5 Evaluation de la composante du risque dû aux impacts à proximité d'un service connecté à la structure (S4)	31
6.6 Synthèse des composantes de risque	32
6.7 Partition d'une structure en zones Z_S	33
6.8 Partition d'un service en sections S_L	33
6.9 Evaluation des composantes de risque dans une structure avec des zones Z_S	34
6.10 Analyse de rentabilité pour la perte économique (L4)	35
Annexe A (informative) Evaluation du nombre annuel N d'événements dangereux	36
A.1 Généralités	36
A.2 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux N_D dus aux coups de foudre sur une structure et N_{DJ} sur une structure adjacente	36
A.3 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure N_M	41
A.4 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service N_L	42
A.5 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service N_I	43
Annexe B (informative) Evaluation de la probabilité de dommages P_X d'une structure	44
B.1 Généralités	44

B.2 Probabilité P_A pour qu'un impact sur la structure entraîne des blessures d'êtres vivants par choc électrique	44
B.3 Probabilité P_B pour qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques	45
B.4 Probabilité P_C pour qu'un impact sur une structure entraîne des défaillances des réseaux internes	45
B.5 Probabilité P_M pour qu'un impact à proximité d'une structure entraîne des défaillances des réseaux internes	47
B.6 Probabilité P_U pour qu'un impact sur un service entraîne des blessures d'êtres vivants par choc électrique	48
B.7 Probabilité P_V pour qu'un impact sur un service entraîne des dommages physiques	50
B.8 Probabilité P_W pour qu'un impact sur un service entraîne des défaillances des réseaux internes	50
B.9 Probabilité P_Z pour qu'un impact à proximité d'un service entrant entraîne des défaillances des réseaux internes	51
Annexe C (informative) Evaluation du montant des pertes L_X	52
C.1 Généralités	52
C.2 Montant relatif moyen des pertes par événement dangereux	52
C.3 Perte de vie humaine (L1)	52
C.4 Pertes inacceptables de service public (L2)	55
C.5 Perte d'héritage culturel irremplaçable (L3)	56
C.6 Pertes économiques (L4)	57
Annexe D (informative) Evaluation des coûts des pertes	60
Annexe E (informative) Etude de cas de structures	61
E.1 Généralités	61
E.2 Maison rurale	61
E.3 Bâtiment de bureaux	66
E.4 Hôpital	74
E.5 Immeuble d'appartements	86
Bibliographie	90

Figures

Figure 1 – Procédure pour la décision du besoin de protection et pour le choix des mesures de protection	28
Figure 2 – Procédure d'évaluation des impacts économiques des mesures de protection	29
Figure A.1 – Surface équivalente d'exposition A_D d'une structure isolée	37
Figure A.2 – Structure de forme complexe	38
Figure A.3 – Différentes méthodes de détermination de la zone équivalente d'exposition de la structure concernée	39
Figure A.4 – Structure à considérer pour l'évaluation de la surface équivalente d'exposition A_D	40
Figure A.5 – Surfaces équivalentes d'exposition (A_D , A_M , A_i , A_L)	43
Figure E.1 – Maison rurale	61
Figure E.2 – Bâtiment de bureaux	67
Figure E.3 - Hôpital	74

Figure E.4 – Immeuble d'appartements	86
--	----

Tableaux

Tableau 1 – Sources de dommages, types de dommages et types de pertes en fonction du point d'impact	21
Tableau 2 – Composantes de risque à prendre en compte pour chaque type de perte dans une structure	24
Tableau 3 – Facteurs d'influence des composantes de risque	24
Tableau 4 – Valeurs types pour le risque tolérable R_T	25
Tableau 5 – Paramètres associés à l'évaluation des composantes de risque	32
Tableau 6 – Composantes de risque pour différents types de dommages causés par différentes sources	33
Tableau A.1 – Facteur d'emplacement C_D	41
Tableau A.2 – Facteur d'installation de service C_i	42
Tableau A.3 – Facteur de type de service C_T	42
Tableau A.4 – Facteur d'environnement de service C_E	42
Tableau B.1 – Valeurs de probabilité P_{TA} pour qu'un impact sur la structure entraîne des chocs sur des êtres vivants dus à des tensions dangereuses de contact et de pas	44
Tableau B.2 – Valeurs de probabilité P_B en fonction des mesures de protection pour réduire les dommages physiques	45
Tableau B.3 – Valeur de probabilité $P_{\text{parafoudre}}$ en fonction des niveaux de protection contre la foudre pour lesquels le parafoudre est conçu	46
Tableau B.4 – Valeurs des facteurs C_{LD} et C_{LI} associés aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation	46
Tableau B.5 – Valeur du facteur K_{S3} en fonction du câblage interne	48
Tableau B.6 – Valeurs de la probabilité P_{TU} pour qu'un coup de foudre sur un service entrant entraînera des chocs aux êtres vivants du fait de tensions de contact dangereuses	49
Tableau B.7 – Valeur de la probabilité P_{EB} en fonction du NPF pour lequel les parafoudres sont conçus	49
Tableau B.8 – Valeur de la probabilité P_{LD} en fonction de la résistance R_S du blindage du câble et de la tension de tenue aux chocs U_w du matériel	49
Tableau B.9 – Valeurs de la probabilité P_{LI} en fonction du type de service et de la tension de tenue aux chocs U_w du matériel	51
Tableau C.1 – Type de perte L1 : Valeurs des pertes pour chaque zone	53
Tableau C.2 – Type de perte L1 : Valeurs moyennes types de L_T , L_F et L_O	53
Tableau C.3 – Facteur de réduction r_i en fonction du type de surface du sol ou du plancher	54
Tableau C.4 – Facteur de réduction r_p en fonction des dispositions prises pour réduire la conséquence du feu	54
Tableau C.5 – Facteur de réduction r_f en fonction du risque d'incendie ou d'explosion de la structure	55
Tableau C.6 – Facteur h_z augmentant le montant relatif des pertes en présence d'un danger particulier	55
Tableau C.7 – Type de perte L2 : Valeurs des pertes pour chaque zone	56
Tableau C.8 – Type de perte L2 : Valeurs moyennes types de L_F et L_O	56
Tableau C.9 – Type de perte L3 : Valeurs des pertes pour chaque zone	56
Tableau C.10 – Type de perte L3 : Valeurs moyennes types de L_F	57

Tableau C.11 – Type de perte L4 : Valeurs des pertes pour chaque zone	57
Tableau C.12 – Type de perte L4 : Valeurs moyennes types de L_T , L_F et L_O	58
Tableau C.Z1 – Valeurs permettant d'évaluer la valeur totale c_t	59
Tableau C.Z2 – Pourcentages permettant d'évaluer les valeurs totales c_a , c_b , c_c , c_s	59
Tableau E.1 – Maison rurale : Caractéristiques de l'environnement et de la structure	62
Tableau E.2 – Maison rurale : Service de puissance	62
Tableau E.3 – Maison rurale : Service de communication	63
Tableau E.4 – Maison rurale : Facteurs valables pour la zone Z_2 (à l'intérieur du bâtiment)	64
Tableau E.5 – Maison rurale : Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des services	64
Tableau E.6 – Maison rurale : Nombre annuel prévisible d'événements dangereux	65
Tableau E.7 – Maison rurale : Risque R_1 pour la structure non protégée (valeurs x 10^5)	65
Tableau E.8 – Maison rurale : Valeurs des composantes de risque relatives au risque R_1 pour la structure protégée	66
Tableau E.9 – Bâtiment de bureaux : Caractéristiques de l'environnement et de la structure	67
Tableau E.10 – Bâtiment de bureaux : Service de puissance	68
Tableau E.11 – Bâtiment de bureaux : Service de communication.....	68
Tableau E.12 – Bâtiment de bureaux : Distribution des personnes dans les zones.....	69
Tableau E.13 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_1 (zone d'entrée à l'extérieur)	70
Tableau E.14 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_2 (jardin)	70
Tableau E.15 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_3 (archives).....	71
Tableau E.16 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_4 (bureaux)	71
Tableau E.17 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_5 (centre informatique)	72
Tableau E.18 – Bâtiment de bureaux : Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des services	72
Tableau E.19 – Bâtiment de bureaux : Nombre annuel prévisible d'événements dangereux	73
Tableau E.20 – Bâtiment de bureaux : Risque R_1 pour la structure non protégée (valeurs x 10^{-5})	73
Tableau E.21 – Bâtiment de bureaux : Risque R_1 pour la structure protégée (valeurs x 10^{-5}).....	74
Tableau E.22 – Hôpital : Caractéristiques de l'environnement et de la structure totale	75
Tableau E.23 – Hôpital : Service de puissance	75
Tableau E.24 – Hôpital : Service de communication.....	76
Tableau E.25 – Hôpital : Distribution des personnes et valeurs économiques dans les zones.....	77
Tableau E.26 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z_1 (à l'extérieur du bâtiment).....	78
Tableau E.27 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z_2 (bloc chambres)	78
Tableau E.28 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z_3 (bloc opératoire).....	79
Tableau E.29 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z_4 (unité de soins intensifs)	80
Tableau E.30 – Hôpital : Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des services	80

Tableau E.31 – Hôpital : Nombre annuel prévisible d'événements dangereux	81
Tableau E.32 – Hôpital : Risque R_1 – Valeurs de la probabilité P pour la structure non protégée	81
Tableau E.33 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure non protégée (valeurs x 10^{-5}).....	82
Tableau E.34 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure protégée selon la solution a) (valeurs x 10^{-5})	83
Tableau E.35 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure protégée selon la solution b) (valeurs x 10^{-5})	83
Tableau E.36 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure protégée selon la solution c) (valeurs x 10^{-5})	84
Tableau E.37 – Hôpital : Coût des pertes C_L (non protégée) et C_{RL} (protégée).....	85
Tableau E.38 – Hôpital : Taux relatifs aux mesures de protection	85
Tableau E.39 – Hôpital : Coûts C_P et C_{PM} des mesures de protection (valeurs en \$)	85
Tableau E.40 – Hôpital : Économie annuelle en monnaie (valeurs en \$)	86
Tableau E.41 – Immeuble d'appartements : Caractéristiques de l'environnement et de la structure totale.....	86
Tableau E.42 – Immeuble d'appartements : Service de puissance	87
Tableau E.43 – Immeuble d'appartements : Service de communication.....	87
Tableau E.44 – Immeuble d'appartements : Facteurs valables pour la zone Z_2 (à l'intérieur du bâtiment)	88
Tableau E.45 – Immeuble d'appartements : Risque R_1 pour l'immeuble d'appartements en fonction des mesures de protection	89

Avant-propos

Le présent document (EN 62305-2:2012) comprend le texte de la CEI 62305-2:2010 établi par le comité d'études 81 de la CEI, " Protection contre la foudre ", avec les modifications communes établies par CLC/TC 81X, " Protection contre la foudre ".

Les dates suivantes sont **fixées**:

- date limite à laquelle le présent document doit être mis en application au niveau national par publication d'une norme nationale identique ou par entérinement (dop) 2013-03-19
- date limite à laquelle les normes nationales conflictuelles doivent être annulées (dow) 2014-01-13

Le présent document remplace l'EN 62305-2:2006 + corrigendum novembre 2006.

L'EN 62305-2:2012 comprend les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'EN 62305-2:2006:

- 1) L'évaluation des risques pour les services connectés aux structures est exclue du domaine d'application ;
- 2) les blessures aux êtres vivants dues au choc électrique à l'intérieur de la structure sont prises en compte ;
- 3) le risque tolérable de perte du patrimoine culturel est réduit de 10^{-3} à 10^{-4} ;
- 4) les dommages étendus aux structures avoisinantes ou à l'environnement sont pris en compte ;
- 5) des équations améliorées sont fournies pour l'évaluation des éléments suivants :
 - surfaces équivalentes d'exposition pour les coups de foudre à proximité d'une structure,
 - surfaces équivalentes d'exposition pour les coups de foudre sur et à proximité d'un service,
 - probabilités qu'un coup de foudre puisse provoquer des dommages,
 - facteurs de pertes même dans des structures avec risque d'explosion,
 - risque valable pour une zone d'une structure,
 - coût des pertes,
- 6) les tableaux sont fournis pour sélectionner le coût relatif des pertes dans tous les cas ;
- 7) le niveau de tension de tenue aux chocs des matériels a été porté jusqu'à 1 kV.

Les Notes et tableaux complétant ceux figurant dans la CEI 62305-2:2010 sont marqués du préfixe "Z".

Dans le présent document, les modifications communes apportées à la CEI 62305-2:2010 sont repérées par un trait vertical dans la marge de gauche du texte.

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CENELEC [et/ou le CEN] ne sauraient être tenus pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

INTRODUCTION

Les coups de foudre à la terre peuvent être dangereux pour les structures et les services.

Le danger pour la structure peut donner lieu

- à des dommages affectant 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.

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.

Des mesures de protection peuvent être exigées pour réduire les pertes dues à la foudre. Il convient que la nécessité d'une telle protection et son choix soient considérés en termes d'évaluation des risques.

Le risque, défini dans la présente partie de l'EN 62305 comme la perte annuelle moyenne probable dans une structure due aux coups de foudre, dépend :

- du nombre annuel de coups de foudre impliquant la structure,
- de la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups de foudre,
- du coût moyen des pertes consécutives.

Les coups de foudre impliquant une structure peuvent être divisés en

- coups de foudre directs sur la structure,
- coups de foudre à proximité de la structure, directement sur les services connectés (réseaux de puissance, réseaux de communication) ou à proximité des services.

Les coups de foudre directs sur la structure ou les services connectés peuvent causer des dommages physiques et mettre en danger la vie des personnes. Les coups de foudre à proximité d'une structure ou d'un service, comme les coups de foudre directs sur la structure ou le service, peuvent causer 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.

En outre, les défaillances dues aux surtensions de foudre dans les installations des utilisateurs et dans les services d'alimentation peuvent également générer des surtensions de manœuvre dans les installations.

NOTE Le dysfonctionnement des réseaux de puissance et de communication n'est pas couvert par la série EN 62305. Il convient de se reporter à l'EN 61000-4-5^[2]1.

Le nombre de coups de foudre impliquant la structure dépend des dimensions et des caractéristiques de la structure et des services connectés, des caractéristiques de l'environnement de la structure et des services ainsi que de la densité de foudroiement au sol à l'emplacement de la structure et des services.

La probabilité des dommages dus à la foudre dépend de la structure, des services connectés et des caractéristiques du courant de foudre ainsi que du type et de l'efficacité des mesures de protection appliquées.

Le coût annuel moyen des pertes consécutives dépend de l'étendue des dommages et des effets consécutifs qui peuvent être dus au coup de foudre.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.



L'effet des mesures de protection résulte des caractéristiques de chacune d'elle et peut réduire les probabilités de dommages ou le coût des pertes consécutives.

La décision de mise en œuvre d'une protection contre la foudre peut être prise sans tenir compte d'une méthode d'évaluation des risques lorsqu'il est considéré qu'aucun risque n'est inévitable.

1 Domaine d'application

La présente partie de l'EN 62305 est applicable à l'évaluation des risques, dans une structure, en raison des coups de foudre au sol.

Elle est destinée à proposer une procédure d'évaluation d'un tel risque. Une fois fixée la limite supérieure du risque tolérable, la procédure proposée permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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)

CEI 62305-1:2011: *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux* (CEI 62305-1:2010, mod.)

CEI 62305-3:2011: *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains* (CEI 62305-3:2010, mod.)

CEI 62305-4:2011: *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures* (CEI 62305-4:2010, mod.)

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions, symboles et abréviations suivants dont certains ont déjà été cités dans la Partie 1, mais sont répétés ci-dessous pour faciliter la lecture, ainsi que ceux donnés dans les autres parties de l'EN 62305, s'appliquent.

3.1 Termes et définitions

3.1.1

structure à protéger

structure pour laquelle une protection contre les effets de la foudre est exigée conformément à la présente norme

NOTE Une structure à protéger peut faire partie d'une structure de plus grandes dimensions.

3.1.2

structures avec risque d'explosion

structures contenant des matériaux explosifs massifs ou des zones dangereuses comme cela est déterminé dans l'EN 60079-10-1^[3] et dans l'EN 60079-10-2^[4]

3.1.3

structures dangereuses pour l'environnement

structures qui peuvent être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques et radioactives à la suite d'un foudroiement (par exemple installations chimiques, pétrochimiques, nucléaires, etc.)

3.1.4

environnement urbain

zone présentant une forte densité de bâtiments avec une population importante et des immeubles élevés

NOTE Un centre-ville constitue un exemple d'environnement urbain.

3.1.5

environnement suburbain

zone présentant une densité moyenne de bâtiments

NOTE Les zones à la périphérie immédiate des villes constituent un exemple d'environnement suburbain.

3.1.6

environnement rural

zone présentant une faible densité de bâtiments

NOTE La campagne constitue un exemple d'environnement rural.

3.1.7

tension assignée de tenue aux chocs

U_w

valeur de tension 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 (transitoires)

[EN 60664-1:2007, définition 3.9.2), modifiée] ^[5]

NOTE Pour les besoins de la présente partie de l'EN 62305, seule la tension de tenue entre les conducteurs actifs et la terre est prise en compte.

3.1.8

réseau de puissance

réseau comportant des composants de puissance à basse tension

3.1.9

réseau de communication

réseau comprenant des composants électroniques sensibles tels que matériels de communication, systèmes d'ordinateurs, de commande et d'instrumentation, systèmes radio et installations d'électronique de puissance

3.1.10

réseau interne

réseaux de puissance et de communication à l'intérieur d'une structure

3.1.11

service

service de puissance ou de communication relié à la structure à protéger

3.1.12

services de communication

services destinés à la communication entre des matériels qui peuvent être situés dans des structures séparées, comme les lignes téléphoniques et les lignes pour la transmission de données

3.1.13

services de puissance

lignes de transmission amenant l'énergie électrique dans une structure pour alimenter les matériels de puissance et de communication qui s'y trouvent, par exemple réseaux d'alimentation à basse tension (BT) ou à haute tension (HT)

3.1.14

événement dangereux

coup de foudre direct ou à proximité de la structure à protéger, ou direct ou à proximité d'un service connecté à la structure à protéger susceptible de provoquer des dommages

3.1.15

coup de foudre frappant une structure

coup de foudre frappant une structure à protéger

3.1.16

coup de foudre frappant à proximité d'une structure

coup de foudre frappant suffisamment près d'une structure à protéger pour pouvoir causer des surtensions dangereuses

3.1.17

coup de foudre frappant un service

coup de foudre frappant un service connecté à la structure à protéger

3.1.18

coup de foudre frappant à proximité d'un service

coup de foudre frappant suffisamment près d'un service connecté à la structure à protéger pour pouvoir causer des surtensions dangereuses

3.1.19

fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure

N_D

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure

3.1.20

fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service

N_L

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service

3.1.21

fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure

N_M

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure

3.1.22

fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service

N_I

nombre annuel moyen prévisible des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service

3.1.23

impulsion électromagnétique de foudre

IEMF

tous les effets électromagnétiques dus au courant de foudre par couplage résistif, inductif et capacitif qui crée des chocs de tension et des champs électromagnétiques

3.1.24

choc

onde transitoire créant une surtension et/ou une surintensité due à l'IEMF

3.1.25

nœud

point d'une ligne d'un service où la propagation d'un choc peut être négligée

NOTE Des exemples de nœuds sont un point de connexion d'un transformateur HT/BT ou d'une sous-station, un poste ou matériel de télécommunication (par exemple multiplexeur ou matériel xDSL) d'une ligne de communication

3.1.26

dommages physiques

dommage touchant la structure (ou son contenu) et dû aux effets mécaniques, thermiques, chimiques et explosifs de la foudre

3.1.27

blessures d'êtres vivants

blessures, y compris la mort, de personnes ou d'animaux par choc électrique en raison des tensions de contact et de pas dues à la foudre

NOTE Bien que les blessures d'êtres vivants puissent avoir d'autres origines, l'expression "blessures d'êtres vivants" spécifiée dans la présente partie de l'EN 62305 se limite à la menace due au choc électrique (type de dommage D1).

3.1.28

défaillance des réseaux de puissance et de communication

dommage permanent des réseaux de puissance et de communication dû aux IEMF

3.1.29

probabilité de dommage

P_X

probabilité pour qu'un événement dangereux cause un dommage à ou dans la structure à protéger

3.1.30

perte

L_X

montant moyen de pertes (personnes et biens) consécutif à un type spécifique de dommage dû à un événement dangereux, par rapport à la valeur (personnes et biens) de la structure à protéger

3.1.31

risque

R

mesure de la perte annuelle moyenne probable (personnes et biens) due à la foudre, par rapport à la valeur totale (personnes et biens) de la structure à protéger

3.1.32

composante de risque

R_X

risque partiel qui dépend de la source et du type de dommage

3.1.33

risque tolérable

R_T

valeur maximale du risque qui peut être tolérée par la structure à protéger

3.1.34

zone d'une structure

Z_S

partie d'une structure dont les caractéristiques sont homogènes et dans laquelle un seul jeu de paramètres est utilisé pour l'évaluation d'une composante du risque

3.1.35

section d'un service

S_L

partie d'un service dont les caractéristiques sont homogènes et dans laquelle un seul jeu de paramètres est utilisé pour l'évaluation d'une composante du risque

3.1.36

zone de protection contre la foudre

ZPF

zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini

NOTE Les frontières d'une ZPF ne sont pas nécessairement physiques (par exemple parois, plancher, plafond).

3.1.37

niveau de protection contre la foudre

NPF

nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre et relatif à la probabilité que les valeurs de conception associées maximales et minimales ne seront pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle

NOTE Le niveau de protection contre la foudre est utilisé pour prévoir des mesures de protection selon le jeu approprié de paramètres du courant de foudre.

3.1.38

mesures de protection

mesures à adopter dans la structure à protéger pour réduire le risque

3.1.39

protection contre la foudre

PCLF

installation complète de protection des structures contre les effets de la foudre, y compris ses réseaux internes et leurs contenus, ainsi que des personnes, comprenant généralement un SPF et une MPF

3.1.40

système de protection contre la foudre

SPF

installation complète utilisée pour réduire les dangers de dommages physiques dus aux coups de foudre directs sur une structure

NOTE Elle comprend à la fois une installation extérieure et une installation intérieure de protection contre la foudre.

3.1.41

protection de réseau de puissance et de communication

MPF

mesures prises pour protéger les réseaux internes contre les effets de l'IEMF

NOTE Il s'agit d'une partie de la protection générale contre la foudre.

3.1.42

blindage magnétique

grillage métallique fermé ou écran continu entourant la structure à protéger, ou une partie de celle-ci, afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

3.1.43

câble de protection contre la foudre

câble spécial présentant une résistance diélectrique élevée et dont la gaine métallique est en contact continu avec le sol, directement ou au moyen d'un revêtement plastique conducteur

3.1.44

conduit de protection contre la foudre

conduit de faible résistivité en contact avec le sol

EXEMPLE Béton armé avec connexion aux structures métalliques internes ou conduit métallique.

3.1.45

parafoudre

dispositif conçu pour limiter les surtensions transitoires et évacuer les courants de choc. Il comporte au moins un composant non linéaire

3.1.46

protection coordonnée par parafoudres

(parafoudres coordonnés)

ensemble de parafoudres coordonnés choisis de manière appropriée et mis en œuvre afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

3.1.47

interfaces d'isolement

dispositifs capables de réduire les chocs conduits sur les services pénétrant dans la ZPF

NOTE 1 Ceci comprend des transformateurs d'isolement à écran mis à la terre entre les enroulements, les câbles à fibre optique non métalliques et les opto-isolateurs

NOTE 2 Les caractéristiques de tenue d'isolement de ces dispositifs sont appropriées à la présente application de manière intrinsèque ou par parafoudre.

3.1.48

liaison équipotentielle de foudre

EB (*equipotential bonding*)

interconnexion des parties métalliques d'une installation de SPF, par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrées par le courant de foudre

3.1.49

zone 0

emplacement dans lequel une atmosphère explosive constituée d'un mélange d'air et de substances inflammables sous la forme de gaz, de vapeur ou d'aérosol est présente en permanence, ou est présente pendant de longues périodes ou fréquemment

(CEI 60050-426:2008, 426-03-03, modifiée) ^[6]

3.1.50

zone 1

emplacement dans lequel une atmosphère explosive constituée d'un mélange d'air et de substances inflammables sous la forme de gaz, de vapeur ou d'aérosol est susceptible de se former en service normal occasionnellement

(CEI 60050-426:2008, 426-03-04, modifiée) ^[6]

3.1.51

zone 2

emplacement dans lequel une atmosphère explosive constituée d'un mélange d'air et de substances inflammables sous la forme de gaz, de vapeur ou d'aérosol n'est pas susceptible de se former en service normal et où une telle formation, si elle se produit, ne peut subsister que pendant une courte période

NOTE 1 Dans cette définition, le terme «subsister» signifie le temps total durant lequel une atmosphère inflammable existe. Ce temps comprend normalement le temps total de présence en plus du temps de dispersion de l'atmosphère inflammable après évacuation.

NOTE 2 Des indications sur la fréquence d'apparition et la durée peuvent être données par des règlements propres à des industries ou applications spécifiques.

(CEI 60050-426:2008, 426-03-05, modifiée) ^[6]

3.1.52

zone 20

emplacement dans lequel une atmosphère explosive, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles dans l'air, est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment

(EN 60079-10-2:2009, 6.2, modifiée) ^[4]

3.1.53

zone 21

emplacement dans lequel une atmosphère explosive, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles dans l'air, est susceptible de se former occasionnellement en fonctionnement normal

(EN 60079-10-2:2009, 6.2, modifiée) ^[4]

3.1.54

zone 22

emplacement dans lequel une atmosphère explosive, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles dans l'air, n'est pas susceptible de se former en fonctionnement normal, et où une telle formation, si elle se produit, ne peut subsister que pendant une courte période

(EN 60079-10-2:2009, 6.2, modifiée) ^[4]

3.2 Symboles et abréviations

a	Taux d'amortissement	Annexe D
A_D	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure isolée	A.2.1.1
A_{DJ}	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure adjacente ...	A.2.5
A_D'	Surface équivalente d'exposition pour les toitures élevées saillantes	A.2.1.2
A_I	Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service.....	A.5
A_L	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service	A.4
A_M	Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure	A.3
B	Bâtiment	A.2
C_D	Facteur d'emplacement	Tableau A.1
C_{DJ}	Facteur d'emplacement d'une structure adjacente	A.2.5
C_E	Facteur d'environnement	Tableau A.4
C_I	Facteur d'installation du service	Tableau A.2
C_L	Coût annuel des pertes totales en l'absence de mesures de protection .5.5; Annexe D	
C_{LD}	Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service.....	Annexe B
C_{LI}	Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre à proximité d'un service	Annexe B
C_{LZ}	Coût des pertes dans une zone	Annexe D
C_P	Coût des mesures de protection	Annexe D
C_{PM}	Coût annuel des mesures de protection choisies	5.5, Annexe D
C_{RL}	Coût annuel des pertes résiduelles	5.5; Annexe D
C_{RLZ}	Coût des pertes résiduelles dans une zone	Annexe D
C_T	Facteur de type de service dû à la présence d'un transformateur HT/BT sur le service.....	Tableau A.3 A.4



c_a	Coût des animaux dans la zone, en monnaie	C.6
c_b	Coût du bâtiment dans la zone, en monnaie	C.6
c_c	Coût du contenu de la zone, en monnaie.....	C.6
c_e	Coût total des biens dans un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure, en monnaie	C.6
c_s	Coût des réseaux internes (y compris leurs activités) dans la zone, en monnaie ..	C.6
c_t	Valeur totale de la structure, en monnaie	C.5 ; C.6
c_z	Coût de l'héritage culturel dans la zone, en monnaie.....	C.5
D1	Blessures d'êtres vivants par choc électrique	4.1.2
D2	Dommages physiques	4.1.2
D3	Défaillance des réseaux de puissance et de communication	4.1.2
h_z	Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial.....	Tableau C.6
H	Hauteur de la structure.....	A.2.1.1
H_j	Hauteur de la structure adjacente	A.2.5
i	Taux d'intérêt	Annexe D
K_{MS}	Facteur relatif aux performances des mesures de protection contre l'IEMF.....	B.5
K_{S1}	Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure	B.5
K_{S2}	Facteur associé à l'efficacité de blindage des blindages internes à la structure.....	B.5
K_{S3}	Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne	B.5
K_{S4}	Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau	B.5
L	Longueur de la structure	A.2.1.1
L_j	Longueur de la structure adjacente	A.2.5
L_A	Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique (impacts sur une structure)	6.2
L_B	Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques (impacts sur une structure).....	6.2
L_{BE}	Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques (impacts sur une structure).....	C.3, C.6
L_{BT}	Pertes totales relatives aux dommages physiques (impacts sur une structure)	C.3, C.6
L_L	Longueur de la section du service	A.4
L_C	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure).....	6.2
L_F	Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques.....	Tableaux C.2, C.8, C.10, C.12
L_{FE}	Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure	C.3; C.6
L_M	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure).....	6.3
L_O	Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes.....	Tableaux C.2, C.8, C.12
L_T	Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique.....	Tableaux C.2, C.12
L_U	Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique (impacts sur un service)	6.4
L_V	Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques (impacts sur un service)	6.4

L_{VE}	Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques (impacts sur un service) C.3,C.6
L_{VT}	Pertes totales relatives aux dommages physiques (impacts sur un service)..... C.3,C.6
L_W	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (impacts sur un service) 6.4
L_X	Pertes consécutives aux dommages..... 6.1
L_Z	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) 6.5
L1	Perte de vie humaine 4.1.3
L2	Perte de service public..... 4.1.3
L3	Perte d'héritage culturel 4.1.3
L4	Pertes de valeurs économiques..... 4.1.3
m	Coût de maintenanceAnnexe D
N_X	Nombre annuel d'événements dangereux..... 6.1
N_D	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure A.2.4
N_{DJ}	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacenteA.2.5
N_G	Densité de foudroiement au sol A.1
N_I	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service A.5
N_L	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service A.4
N_M	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure A.3
n_z	Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis) C.3; C.4
n_t	Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure..... C.3; C.4
P	Probabilité de dommages.....Annexe B
P_A	Probabilité de blessures d'êtres vivants par choc électrique (impacts sur une structure).....6.2; B.2
P_B	Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure) Tableau B.2
P_C	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur la structure)6.2; B.4
P_{EB}	Probabilité de réduction de P_U et P_V en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB) Tableau B.7
P_{LD}	Probabilité de réduction de P_U , P_V et P_W en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté) Tableau B.8
P_{LI}	Probabilité de réduction de P_Z en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté) Tableau B.9
P_M	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure)6.3; B.5
P_{MS}	Probabilité de réduction de P_M en fonction du blindage, du câblage et de la tension de tenue du matériel..... B.5
$P_{\text{parafoudre}}$	Probabilité de réduction de P_C , P_M , P_W et P_Z avec l'installation de parafoudres coordonnés Tableau B.3
P_{TA}	Probabilité de réduction de P_A en fonction des mesures de protection



	contre les tensions de contact et de pas ...	Tableau B.1
P_U	Probabilité de blessures d'êtres vivants par choc électrique (impacts sur le service connecté)	6.4; B.6
P_V	Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur le service connecté)	6.4; B.7
P_W	Probabilité de défaillance des réseaux internes (impacts sur le service connecté)	6.4; B.8
P_X	Probabilité de dommages sur une structure	6.1
P_Z	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service connecté)	6.5; B.9
r_t	Facteur de réduction associé au type de sol	C.3
r_f	Facteur de réduction associé au risque d'incendie	C.3
r_p	Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie	C.3
R	Risque	4.2
R_A	Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)	4.2.2
R_B	Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)	4.2.2
R_C	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)	4.2.2
R_M	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)	4.2.3
R_S	Résistance de blindage par unité de longueur d'un câble	Tableau B.8
R_T	Risque tolérable	5.3 ; Tableau 4
R_U	Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)	4.2.4
R_V	Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)	4.2.4
R_W	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté)	4.2.4
R_X	Composante du risque pour une structure	6.1
R_Z	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service)	4.2.5
R_1	Risque de pertes de vie humaine dans une structure	4.2.1
R_2	Risque de perte de service public dans une structure	4.2.1
R_3	Risque de perte d'héritage culturel dans une structure	4.2.1
R_4	Risque de pertes de valeur économique dans une structure	4.2.1
R'_4	Risque de pertes de valeur économique avec mesures de protection	Annexe D
S	Structure	A.2.2
S_M	Economie annuelle en monnaie	Annexe D
S_L	Section d'un service	6.8
S_1	Source de dommages - Impacts sur une structure	4.1.1
S_2	Source de dommages - Impacts à proximité d'une structure	4.1.1
S_3	Source de dommages - Impacts sur un service	4.1.1
S_4	Source de dommages - Impacts à proximité d'un service	4.1.1
t_e	Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure	C.3

t_z	Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux.....	C.2
T_D	Jours d'orage par an	A.1
U_w	Tension assignée de tenue aux chocs d'un réseau.....	B.5
w_m	Largeur de maille	B.5
W	Largeur de la structure	A.2.1.1
W_J	Largeur de la structure adjacente.....	A.2.5
X	Indice identifiant la composante de risque pertinente	6.1
Z_S	Zones d'une structure.....	6.7

4 Explication des termes

4.1 Dommages et pertes

4.1.1 Sources de dommages

Le courant de foudre est la source principale des dommages. Les sources suivantes sont distinguées en fonction de l'emplacement du point d'impact (voir Tableau 1) :

- S1 : impacts sur une structure;
- S2 : impacts à proximité d'une structure;
- S3 : impacts sur un service;
- S4 : impacts à proximité d'un service.

4.1.2 Types de dommages

Un coup de foudre peut entraîner des dommages qui sont fonction des caractéristiques de la structure à protéger et dont les plus importantes sont : le type de construction, le contenu et ses applications, le type de service et les mesures de protection prises.

Pour des applications pratiques de l'évaluation des risques, il est utile de distinguer trois types essentiels de dommages pouvant apparaître à la suite d'un coup de foudre. Ces types sont les suivants (voir Tableau 1) :

- D1: blessures d'êtres vivants par choc électrique ;
- D2: dommages physiques ;
- D3: défaillance des réseaux de puissance et de communication.

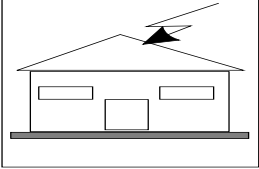
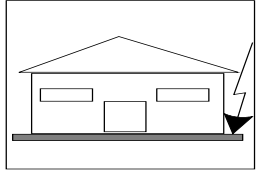
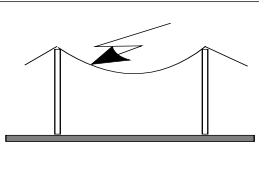
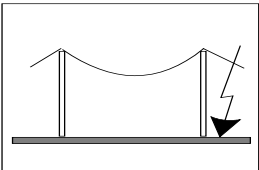
Les dommages à une structure dus à la foudre peuvent être limités à une partie de la structure ou peuvent s'étendre à l'ensemble de celle-ci. Ils peuvent également impliquer les structures environnantes ou l'environnement (par exemple émissions chimiques ou radioactives).

4.1.3 Types de pertes

Chaque type de dommage, seul ou associé aux autres, peut entraîner des pertes consécutives différentes dans la structure à protéger. Le type de perte pouvant apparaître dépend des caractéristiques de la structure elle-même et de son contenu. Les types de pertes suivants doivent être pris en compte (voir Tableau 1) :

- L1 : perte de vie humaine (y compris les blessures permanentes) ;
- L2 : perte de service public ;
- L3 : perte d'héritage culturel ;
- L4 : perte de valeurs économiques (structure et son contenu, et perte d'activité).

Tableau 1 – Sources de dommages, types de dommages et types de pertes en fonction du point d'impact

Coup de foudre		Structure	
Point d'impact	Source de dommages	Type de dommages	Type de pertes
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S2	D3	L1 ^b , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S4	D3	L1 ^b , L2, L4
^a Seulement dans le cas où des pertes d'animaux peuvent survenir. ^b Seulement dans le cas des structures présentant des risques d'explosion et dans des hôpitaux ou autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent entraîner des dangers mortels			

4.2 Risque et composantes de risque

4.2.1 Risque

Le risque R est la mesure d'une perte annuelle moyenne probable. Pour chaque type de perte qui peut apparaître dans une structure, le risque correspondant doit être évalué.

Les risques à évaluer dans une structure peuvent être les suivants :

R_1 : risque de perte de vie humaine (y compris les blessures permanentes) ;

R_2 : risque de perte de service public ;

R_3 : risque de perte d'héritage culturel ;

R_4 : risque de perte de valeurs économiques.

Pour évaluer les risques, R , les composantes appropriées du risque (risques partiels dépendant de la source et du type de dommage) doivent être définies et calculées.

Chaque risque, R , est la somme des risques qui le composent. Lorsqu'on calcule un risque, les composantes du risque peuvent être groupées en fonction de la source et du type des dommages.

4.2.2 Composantes de risque pour une structure dû aux impacts sur la structure

R_A : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues au choc électrique du fait des tensions de contact et de pas dans la structure et à l'extérieur dans les zones jusqu'à 3 m autour des conducteurs de descente. Des pertes de type L1 et, dans le cas de structures abritant le bétail, des pertes de type L4 avec pertes éventuelles d'animaux peuvent apparaître.

NOTE Dans des structures particulières, des personnes peuvent être soumises à des coups de foudre directs (par exemple niveau supérieur d'un garage ou d'un stade). Ces cas peuvent également être traités en appliquant les principes de la présente partie de l'EN 62305.

R_B : Composante liée aux dommages physiques d'un étincelage dangereux dans la structure entraînant un incendie ou une explosion pouvant produire des dangers pour l'environnement. Tous les types de pertes (L1, L2, L3 et L4) peuvent apparaître.

R_C : Composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF. Des pertes de type L2 et L4 pourraient apparaître dans tous les cas, avec le type L1 dans le cas des structures présentant un risque d'explosion et dans des hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

4.2.3 Composante de risque pour une structure dû aux impacts à proximité de la structure

R_M : Composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF. Des pertes de type L2 et L4 pourraient apparaître dans tous les cas, avec le type L1 dans le cas des structures présentant un risque d'explosion et des hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

4.2.4 Composantes de risque pour une structure dû aux impacts sur un service connecté à la structure

R_U : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues au choc électrique du fait des tensions de contact à l'intérieur de la structure. Des pertes de type L1 et, dans le cas de domaines agricoles, des pertes de type L4 avec pertes éventuelles d'animaux peuvent apparaître.

R_V : Composante liée aux dommages physiques (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration du service dans la structure) dus au courant de foudre transmis dans les services entrants. Tous les types de pertes (L1, L2, L3, L4) peuvent apparaître.

R_W : Composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les services entrants et transmises à la structure. Des pertes de type L2 et L4 pourraient apparaître dans tous les cas, avec le type L1 dans le cas des structures présentant un risque d'explosion et des hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

NOTE 1 Les seuls services à considérer pour cette évaluation sont les services pénétrant dans la structure.



NOTE 2 Les coups de foudre sur ou à proximité de canalisations n'entraînent pas de dommages dans la structure si elles sont connectées à une borne d'équipotentialité. Si une borne d'équipotentialité n'est pas prévue, il convient également de considérer une telle menace.

4.2.5 Composante de risque pour une structure dû à un impact à proximité d'un service connecté à la structure

R_Z : Composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les services entrants et transmises à la structure. Des pertes de type L2 et L4 pourraient apparaître dans tous les cas, avec le type L1 dans le cas des structures présentant un risque d'explosion, des hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

NOTE 1 Les seuls services à considérer pour cette évaluation sont les services pénétrant dans la structure.

NOTE 2 Les coups de foudre sur ou à proximité de canalisations n'entraînent pas de dommages dans la structure si elles sont connectées à une borne d'équipotentialité. Si une borne d'équipotentialité n'est pas prévue, il convient également de considérer une telle menace.

4.3 Composition des composantes de risque

Les composantes de risque à prendre en compte pour chaque type de perte dans une structure sont données ci-dessous :

R_1 : Risque de perte de vie humaine :

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^{(1)} + R_{M1}^{(1)} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^{(1)} + R_{Z1}^{(1)} \quad (1)$$

NOTE 1 Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux équipés de matériels de réanimation électriques ou autres structures, lorsque les défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

R_2 : Risque de perte de service public :

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (2)$$

R_3 : Risque de perte d'héritage culturel :

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3} \quad (3)$$

R_4 : Risque de perte de valeurs économiques :

$$R_4 = R_{A4}^{(2)} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^{(2)} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (4)$$

NOTE 2 Seulement pour les propriétés où des pertes éventuelles d'animaux peuvent survenir.

Les composantes de risque correspondant à chaque type de perte sont également combinées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Composantes de risque à prendre en compte pour chaque type de perte dans une structure

Source de dommage	Impact sur la structure S1			Impact à proximité de la structure S2	Impact sur un service connecté à la structure S3			Impact à proximité d'un service connecté à la structure S4
Composante du risque	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Risque pour chaque type de perte								
R_1	*	*	*a	* a	*	*	* a	* a
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*				*		
R_4	* b	*	*	*	* b	*	*	*

^a. Seulement dans le cas des structures présentant des risques d'explosion et dans des hôpitaux et autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent mettre en danger immédiat la vie humaine

^b Seulement dans le cas des propriétés où des pertes d'animaux peuvent survenir.

Les caractéristiques de la structure et les mesures éventuelles de protection influençant les composantes de risque sont données dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Facteurs d'influence des composantes de risque

Caractéristiques de la structure ou du réseau interne Mesures de protection	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	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
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes blindés					X	X	X	X
Réseaux internes blindés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau d'équipotentialité			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

^a Uniquement pour les SPF extérieurs maillés

^b En raison des équipotentialités.

^c Uniquement s'ils appartiennent au matériel

NOTE Z1 Les systèmes d'avertissement d'orages conformes à l'EN 50536 peuvent également être utilisés pour réduire les risques.



5 Evaluation des risques

5.1 Procédure de base

La procédure suivante doit être appliquée :

- identification de la structure à protéger et de ses caractéristiques ;
- identification de tous les types de pertes dans la structure et du risque associé R (R_1 à R_4) ;
- évaluation du risque R pour chaque type de perte (R_1 à R_4) ;
- évaluation de la nécessité de protection en comparant les risques R_1 , R_2 et R_3 avec le risque tolérable R_T ;
- évaluation des impacts économiques d'une protection en comparant le coût des pertes totales avec et sans mesures de protection. Dans ce cas, l'évaluation des composantes du risque R_4 doit être réalisée pour évaluer ces coûts (voir Annexe D).

5.2 Structure à prendre en compte pour l'évaluation des risques

La structure à protéger comprend :

- la structure elle-même,
- les installations dans la structure,
- le contenu de la structure,
- les personnes dans la structure ou se trouvant dans les zones jusqu'à 3 m de l'extérieur de la structure,
- l'environnement affecté par un dommage sur une structure.

La protection n'englobe pas les services connectés à l'extérieur de la structure.

NOTE La structure à considérer peut être subdivisée en plusieurs zones (voir 6.7).

5.3 Risque tolérable R_T

Il est de la responsabilité de l'autorité de juridiction d'identifier la valeur du risque tolérable.

Des valeurs représentatives du risque tolérable R_T , lorsque les coups de foudre impliquent des pertes humaines ou des pertes de valeurs sociales ou culturelles, sont données dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Valeurs types pour le risque tolérable R_T

Types de pertes		R_T (y^{-1})
L1	Perte de vie humaine ou blessures permanentes	10^{-5}
L2	Perte de service public	10^{-3}
L3	Perte d'héritage culturel	10^{-4}

En principe, pour ce qui concerne les pertes de valeurs économiques (L4), la méthode applicable consiste à réaliser la comparaison de rentabilité (coûts-avantages) spécifiée à l'Annexe D.

5.4 Procédure particulière pour évaluer le besoin de protection

Conformément à l'EN 62305-1, les risques R_1 , R_2 et R_3 doivent être pris en compte pour évaluer le besoin de protection contre la foudre.

Pour chacun des risques à considérer, les étapes suivantes doivent être suivies :

- identification des composantes R_X constituant le risque ;
- calcul des composantes de risque identifiées R_X ;
- calcul du risque total R (voir 4.3) ;
- identification du risque tolérable R_T ;
- comparaison du risque R avec la valeur tolérable R_T .

Si $R \leq R_T$, une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

Si $R > R_T$ des mesures de protection doivent être prises pour réduire $R \leq R_T$ pour tous les risques auxquels la structure est soumise.

La procédure pour évaluer le besoin de protection est donnée à la Figure 1.

NOTE 1 Lorsque le risque ne peut être réduit à un niveau tolérable en dépit du fait d'avoir appliqué les moyens de protection les plus efficaces proposés (c'est-à-dire $P_B = 0,001$, $P_{SPD}=0,001$), il convient d'informer le propriétaire du site. Dans ces cas, il est recommandé d'utiliser le système d'avertissement d'orages.

NOTE 2 Lorsque l'autorité de juridiction exige une protection contre la foudre des structures avec risque d'explosion, il convient d'adopter au moins un SPF de classe II. Des exceptions à l'utilisation d'une protection contre la foudre de niveau II peuvent être admises lorsqu'elles sont justifiées d'un point de vue technique et autorisées par l'autorité de juridiction. Par exemple, l'utilisation d'une protection contre la foudre de niveau I est admise dans tous les cas, notamment lorsque les environnements ou le contenu de la structure sont exceptionnellement sensibles aux effets de la foudre. De plus, les autorités de juridiction peuvent décider d'autoriser des systèmes de protection contre la foudre de niveau III lorsque la rareté de l'activité de foudre et/ou l'insensibilité du contenu de la structure le garantit.

NOTE 3 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 autorités de juridiction peuvent exiger de mettre en œuvre des mesures de protection complémentaires et d'appliquer des mesures appropriées pour la structure.

5.5 Procédure d'évaluation des impacts économiques de la protection

En plus du besoin d'une protection contre la foudre pour une structure, il peut être utile de s'assurer des bénéfices économiques de mise en œuvre de mesures de protection afin de réduire la perte économique L_4 .

L'évaluation des composantes du risque R_4 permet à l'utilisateur d'évaluer le coût des pertes économiques avec ou sans mesures de protection (voir l'Annexe D).

La méthode d'évaluation des impacts économiques d'une protection nécessite :

- l'identification des composantes R_X constituant le risque R_4 ;
- le calcul des composantes du risque R_X identifiées, en l'absence de mesures de protection nouvelles ou supplémentaires ;
- le calcul du coût annuel des pertes dû à chacune des composantes du risque R_X ;
- le calcul du coût annuel C_L de la perte totale en l'absence de mesures de protection ;
- l'adoption des mesures de protection choisies ;
- le calcul des composantes du risque R_X en présence de mesures de protection choisies ;
- le calcul du coût annuel des pertes résiduelles dû à chacune des composantes du risque R_X dans la structure protégée ;
- le calcul du coût total annuel C_{RL} des pertes résiduelles en présence des mesures de protection choisies ;
- le calcul du coût annuel C_{PM} des mesures de protection choisies ;
- la comparaison des coûts.

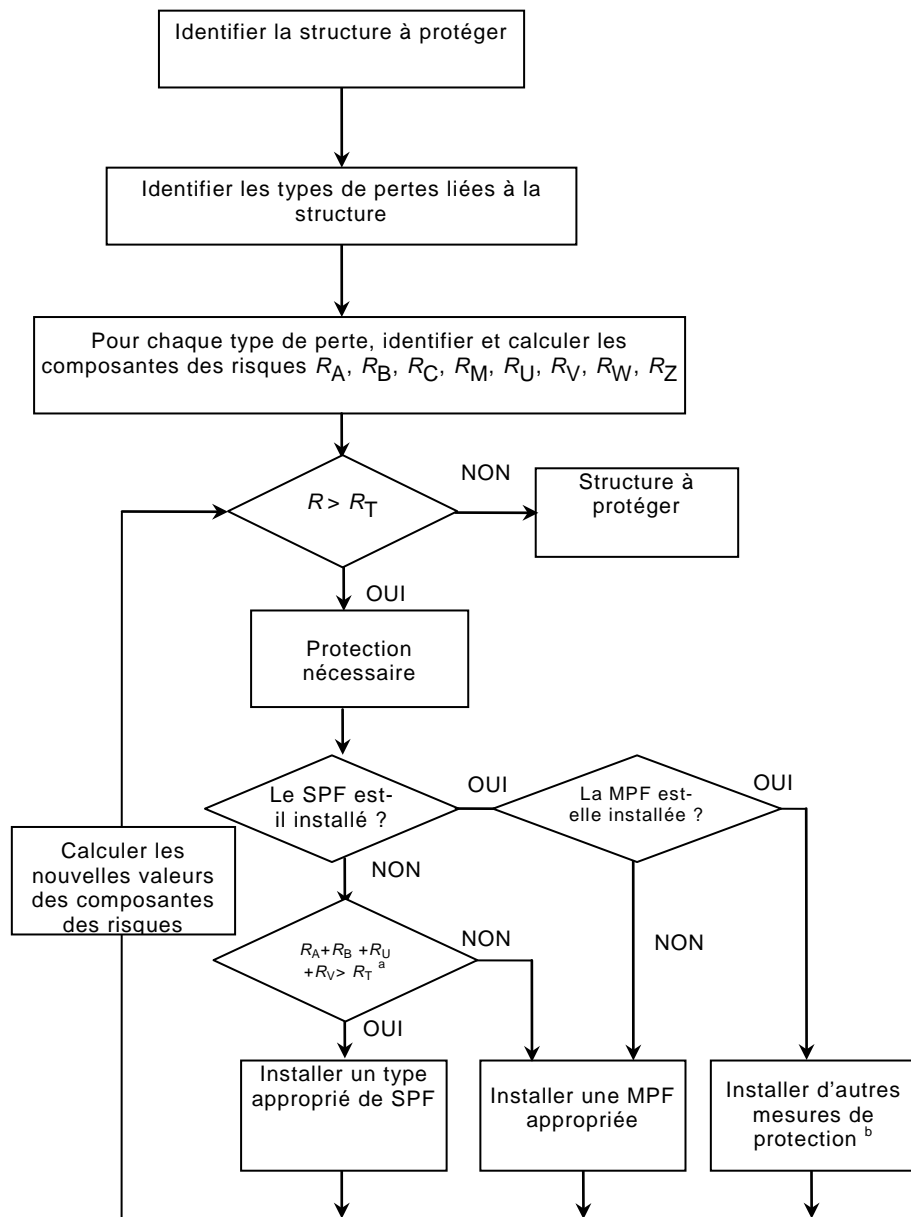


Si $C_L < C_{RL} + C_{PM}$, une protection contre la foudre peut s'avérer coûteuse.

Si $C_L \geq C_{RL} + C_{PM}$, les mesures de protection peuvent s'avérer économiques sur la durée de vie de la structure.

La procédure pour évaluer les impacts économiques d'une protection est donnée à la Figure 2.

Il peut se révéler utile d'évaluer certaines variantes de combinaison de mesures de protection pour obtenir la solution optimale concernant les impacts économiques.



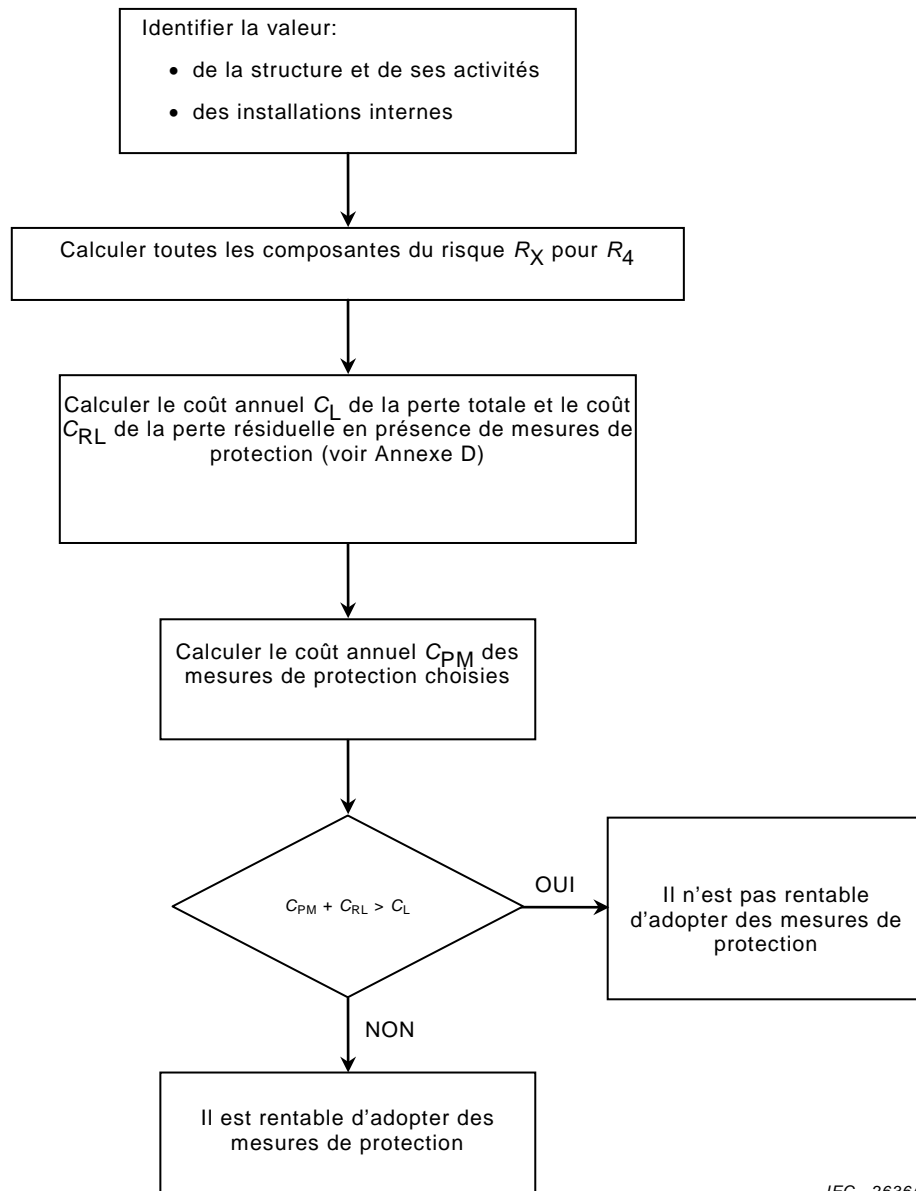
IEC 2635/10

Légende

^a Si $R_A + R_B < R_T$ un SPF complet n'est pas nécessaire ; auquel cas un ou des parafoudres conformes à l'EN 62305-3 sont suffisants.

^b Voir Tableau 3.

Figure 1 – Procédure pour la décision du besoin de protection et pour le choix des mesures de protection



IEC 2636/10

Figure 2 – Procédure d'évaluation des impacts économiques des mesures de protection

5.6 Mesures de protection

Les mesures de protection sont destinées à réduire le risque associé au type de dommages.

Les mesures de protection ne doivent être considérées comme fiables que si elles satisfont aux exigences des normes applicables suivantes:

- EN 62305-3 pour la protection contre les blessures d'êtres vivants et les dommages physiques dans une structure;
- EN 62305-4 pour la protection contre les défaillances des réseaux de puissance et de communication.

5.7 Choix des mesures de protection

Le choix des mesures de protection les plus adaptées doit être effectué par le concepteur selon la répartition de chaque composante de risque du risque total R et selon les aspects techniques et économiques des diverses mesures de protection.

Les paramètres critiques doivent être identifiés afin de déterminer la mesure la plus efficace de réduction du risque R .

Pour chaque type de perte, plusieurs mesures de protection individuelles ou associées rendent la condition $R \leq R_T$. La solution à adopter doit être choisie à partir de cette condition en tenant compte des aspects techniques et économiques. Une méthode simplifiée de choix de mesures de protection est indiquée dans le diagramme de la Figure 1. Dans tous les cas, il convient que l'installateur et l'architecte identifient les composantes du risque les plus critiques et les réduisent, en tenant compte des aspects économiques.

6 Evaluation des composantes de risque

6.1 Formule de base

Chaque composante de risque R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W et R_Z , comme explicité en 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 et 4.2.5 4, peut être exprimée par l'équation générale suivante :

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (5)$$

où

N_X est le nombre annuel d'événements dangereux (voir aussi l'Annexe A) ;

P_X est la probabilité de dommages pour une structure (voir aussi l'Annexe B) ;

L_X est la perte consécutive (voir aussi l'Annexe C).

Le nombre N_X d'événements dangereux est affecté par la densité de foudroiement (N_G) et par les caractéristiques physiques de la structure à protéger, son entourage, les services connectés et le sol.

La probabilité de dommage P_X est affectée par les caractéristiques de la structure à protéger, les services connectés et les mesures de protection fournies.

La perte consécutive L_X est affectée par l'utilisation assignée à la structure, la présence de personnes, le type de service fourni au public, la valeur des biens affectés par les dommages et les mesures fournies pour limiter le montant des pertes.

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), il convient d'ajouter les pertes consécutives à la valeur de L_X .

6.2 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur une structure (S1)

Pour l'évaluation des composantes de risque associées aux impacts de foudre sur la structure, les relations suivantes s'appliquent :

- composantes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique (D1)

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

- composantes associées aux dommages physiques (D2)

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risque sont indiqués dans le Tableau 5.

6.3 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts à proximité de la structure (S2)

Pour l'évaluation des composantes de risque associées aux impacts de foudre à proximité de la structure, les relations suivantes s'appliquent :

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risque sont indiqués dans le Tableau 5.

6.4 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur un service connecté à la structure (S3)

Pour l'évaluation des composantes de risque associées aux impacts de foudre sur un service entrant, les relations suivantes s'appliquent :

- composantes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique (D1)

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

- composantes associées aux dommages physiques (D2)

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (11)$$

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (12)$$

NOTE 1 Dans de nombreux cas N_{DJ} peut être omis.

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risque sont indiqués dans le Tableau 5.

Si le service a plusieurs sections (voir 6.8), les valeurs de R_U , R_V et R_W sont la somme des valeurs R_U , R_V et R_W de chaque section de service. Les sections à considérer sont celles entre la structure et le premier nœud de la distribution.

Dans le cas de structures avec plusieurs services connectés avec des cheminements différents, les calculs doivent être effectués pour chaque service.

Dans le cas d'une structure comportant plusieurs services connectés avec le même cheminement, les calculs ne doivent être réalisés que pour le service présentant les caractéristiques les plus défavorables, c'est-à-dire le service avec les valeurs les plus élevées de N_L et N_I , connecté au réseau interne avec la valeur la plus faible de U_W (service de communication par rapport au service de puissance, service non blindé par rapport au service blindé, service de puissance BT par rapport au service de puissance HT avec transformateur HT/BT, etc.).

NOTE 2 Dans le cas de services présentant un chevauchement de la surface équivalente d'exposition, il convient de considérer la zone de chevauchement une seule fois.

6.5 Evaluation de la composante du risque dû aux impacts à proximité d'un service connecté à la structure (S4)

Pour l'évaluation des composantes de risque associées aux impacts de foudre à proximité d'un service connecté à la structure, les relations suivantes s'appliquent :

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z \quad (13)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risque sont indiqués dans le tableau 5.

Si le service a plusieurs sections (voir 6.8), la valeur de R_Z est la somme des composantes R_Z concernant chaque section de service. Les sections à considérer sont celles entre la structure et le premier nœud de la distribution.

Tableau 5 – Paramètres associés à l'évaluation des composantes de risque

Symbole	Dénomination	Valeur selon
Nombre annuel moyen d'événements dangereux dus aux impacts		
N_D	– sur la structure	A.2
N_M	– à proximité de la structure	A.3
N_L	– sur un service entrant dans la structure	A.4
N_I	– à proximité d'un service entrant dans la structure	A.5
N_{DJ}	– sur la structure adjacente (voir Figure A.5)	A.2
Probabilité qu'un impact sur la structure causera		
P_A	– des blessures d'êtres vivants par choc électrique	B.2
P_B	– des dommages physiques	B.3
P_C	– des défaillances des réseaux internes	B.4
Probabilité qu'un impact à proximité de la structure causera		
P_M	– des défaillances des réseaux internes	B.5
Probabilité qu'un impact sur un service causera		
P_U	– des blessures d'êtres vivants par choc électrique	B.6
P_V	– des dommages physiques	B.7
P_W	– des défaillances des réseaux internes	B.8
Probabilité qu'un impact à proximité d'un service causera		
P_Z	– des défaillances des réseaux internes	B.9
Pertes dues à		
$L_A = L_U$	– des blessures d'êtres vivants par choc électrique	C.3
$L_B = L_V$	– des dommages physiques	C.3, C.4, C.5, C.6
$L_C = L_M = L_W = L_Z$	– des défaillances des réseaux internes	C.3, C.4, C.6

Dans le cas de structures avec plusieurs services connectés avec des cheminements différents, les calculs doivent être effectués pour chaque service.

Dans le cas d'une structure comportant plusieurs services connectés avec le même cheminement, les calculs ne doivent être réalisés que pour le service présentant les caractéristiques les plus défavorables, c'est-à-dire le service avec les valeurs les plus élevées de N_L et N_I , connecté au réseau interne avec la valeur la plus faible de U_W (service de communication par rapport au service de puissance, service non blindé par rapport au service blindé, service de puissance BT par rapport au service de puissance HT avec transformateur HT/BT, etc.)

6.6 Synthèse des composantes de risque

Les composantes de risque dans les structures sont récapitulées dans le Tableau 6, en fonction des différents types de dommages et des différentes sources de dommages.

Tableau 6 – Composantes de risque pour différents types de dommages causés par différentes sources

Dommage	Source de dommage			
	S1 Impact sur une structure	S2 Impact à proximité d'une structure	S3 Impact sur un service entrant	S4 Impact à proximité d'un service
D1 Blessures d'êtres vivants par choc électrique	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$		$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$	
D2 Dommages physiques	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$		$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$	
D3 Défaillance des réseaux de puissance et de communication	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$

Si la structure est divisée en zones Z_S (voir 6.7), chaque composante de risque doit être évaluée pour chaque zone Z_S .

Le risque total R de la structure est la somme des composantes de risque associées aux zones Z_S qui constituent la structure.

6.7 Partition d'une structure en zones Z_S

Pour évaluer chaque composante de risque, la structure peut être divisée en zones Z_S présentant chacune des caractéristiques homogènes. Toutefois, une structure peut être une zone unique ou être estimée comme telle.

Les zones Z_S sont essentiellement définies par :

- le type de sol ou de plancher (composantes de risque R_A et R_U),
- les compartiments à l'épreuve du feu (composantes de risque R_B et R_V),
- les blindages spatiaux (composantes de risque R_C et R_M).

D'autres zones peuvent être définies selon

- la disposition des réseaux internes (composantes de risque R_C et R_M),
- des mesures de protection existantes ou à prévoir (toutes les composantes de risque),
- des valeurs de pertes L_X (toutes les composantes de risque).

Il convient que la partition de la structure en zones Z_S tienne compte de la faisabilité des mesures de protection les plus appropriées.

NOTE Les zones Z_S conformes à la présente partie de l'EN 62305 peuvent être une ZPF conformément à l'EN 62305-4. Cependant, elles peuvent également être différentes des ZPF.

6.8 Partition d'un service en sections S_L

Pour évaluer les composantes de risque dû à un coup de foudre sur ou à proximité d'un service, le service peut être divisé en sections S_L . Toutefois, un service peut être une section unique ou être estimé comme tel.

Pour toutes les composantes de risque, les sections S_L sont essentiellement définies par :

- le type de service (aérien ou enterré),
- les facteurs affectant la surface équivalente d'exposition (C_D , C_E , C_T),
- les caractéristiques du service (blindé ou non blindé, résistance de blindage).

Si plus d'une valeur d'un paramètre est obtenue dans une section, la valeur la plus élevée doit être choisie.

6.9 Evaluation des composantes de risque dans une structure avec des zones Z_S

6.9.1 Critères généraux

Pour l'évaluation des composantes de risque et le choix des paramètres appropriés, les règles suivantes s'appliquent :

- les paramètres relatifs au nombre N d'événements dangereux doivent être calculés conformément à l'Annexe A ;
- les paramètres relatifs à la probabilité P de dommage doivent être calculés conformément à l'Annexe B.

De plus :

- Pour les composantes R_A , R_B , R_U , R_V , R_W et R_Z , seule une valeur est fixée pour chacun des paramètres. Si plusieurs valeurs sont applicables, la valeur la plus élevée doit être choisie.
- Pour les composantes R_C et R_M , si plus d'un réseau interne est impliqué dans la zone, les valeurs de P_C et P_M sont données par :

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times (1 - P_{C3}) \quad (14)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times (1 - P_{M3}) \quad (15)$$

où P_{Ci} , P_{Mi} sont les paramètres relatifs aux réseaux internes $i = 1, 2, 3, \dots$

- Pour les paramètres relatifs aux pertes L , on doit calculer L conformément à l'Annexe C.

A l'exception de P_C et de P_M , si plus d'une valeur de tout autre paramètre existe dans une zone, la valeur du paramètre conduisant à la valeur la plus élevée du risque doit être prise.

6.9.2 Structure avec une seule zone

Dans ce cas, une seule zone Z_S coïncidant avec l'ensemble de la structure est définie. Le risque R est la somme des composantes de risque R_X dans cette zone.

Le fait de supposer une seule zone dans la structure peut conduire à des mesures de protection onéreuses car il faut étendre chaque mesure à l'ensemble de la structure.

6.9.3 Structure à zones multiples

Dans ce cas, la structure est divisée en plusieurs zones Z_S . Le risque pour la structure est la somme des risques relatifs à toutes les zones de la structure ; dans chaque zone, le risque est la somme de toutes les composantes de risque de la zone.

La répartition de la structure en zones 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 zone par zone, afin de réduire le coût total de la protection contre la foudre.



6.10 Analyse de rentabilité pour la perte économique (L4)

Que la protection contre la foudre soit nécessaire ou non, afin de réduire les risques R_1 , R_2 , et R_3 , il est utile d'évaluer les conséquences économiques des mesures de protection afin de réduire le risque R_4 de perte économique.

Les points pour lesquels l'évaluation du risque R_4 est à effectuer, doivent être définis selon

- l'ensemble de la structure,
- une partie de la structure,
- une installation intérieure,
- une partie d'installation intérieure,
- un matériel,
- le contenu de la structure.

Il convient d'évaluer le coût des pertes, le coût des mesures de protection et les éventuelles économies conformément à l'Annexe D.

Annexe A (informative)

Evaluation du nombre annuel N d'événements dangereux

A.1 Généralités

Le nombre annuel moyen N d'événements dangereux dus aux coups de foudre intéressant une structure à protéger dépend de l'activité orageuse de la région où se situe la structure et de ses caractéristiques physiques. Il convient de calculer le nombre N en multipliant la densité de foudroiement (N_G) par la surface équivalente d'exposition de la structure et en prenant en compte le facteur de correction des caractéristiques physiques de la structure.

La densité de foudroiement N_G , est le nombre de coups de foudre par km² et par an. Cette valeur est obtenue auprès des réseaux de localisation des coups de foudre au sol dans la plupart des régions du monde.

NOTE Si la carte de N_G n'est pas disponible, il peut être estimé, dans les régions tempérées, comme suit :

$$N_G \approx 0,1 T_D \quad (\text{A.1})$$

où T_D , est le nombre de jours d'orage par an (peut être obtenu à partir des cartes cérauniques).

Les événements qui peuvent être considérés comme dangereux pour une structure à protéger sont :

- les impacts sur la structure,
- les impacts à proximité de la structure,
- les impacts sur un service entrant dans la structure,
- les impacts à proximité d'un service entrant dans la structure,
- les impacts sur une autre structure connectée à un service.

A.2 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux N_D dus aux coups de foudre sur une structure et N_{DJ} sur une structure adjacente

A.2.1 Détermination de la surface équivalente d'exposition A_D

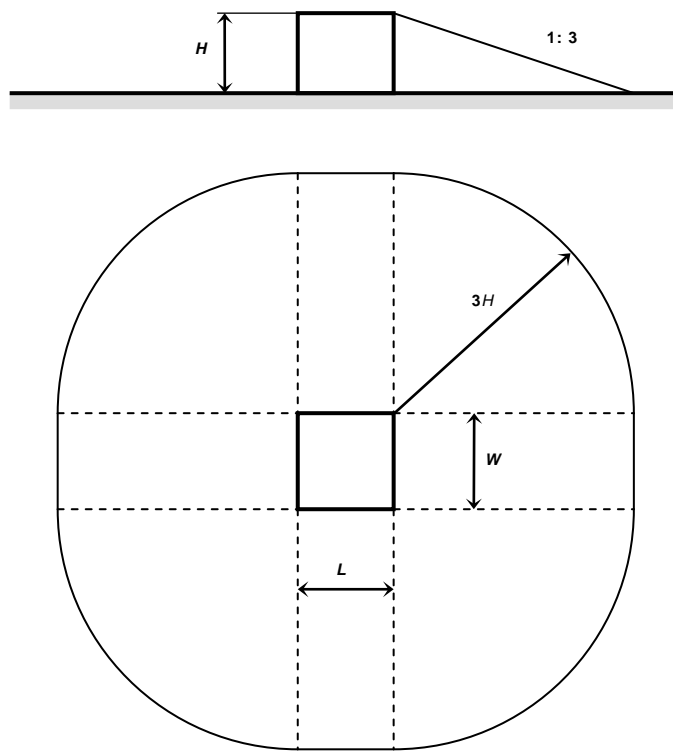
Pour des structures isolées en terrain plat, la surface équivalente d'exposition A_D est la zone définie par l'intersection entre la surface du sol et une droite avec une pente de 1/3 qui passe par les parties les plus élevées de la structure (en les touchant à cet endroit) et en tournant autour de celle-ci. Une évaluation de A_D peut être réalisée par une méthode graphique ou mathématique.

A.2.1.1 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 :

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

où L , W et H sont exprimées en mètres (voir la Figure A.1).



IEC 2637/10

Figure A.1 – Surface équivalente d'exposition A_D d'une structure isolée

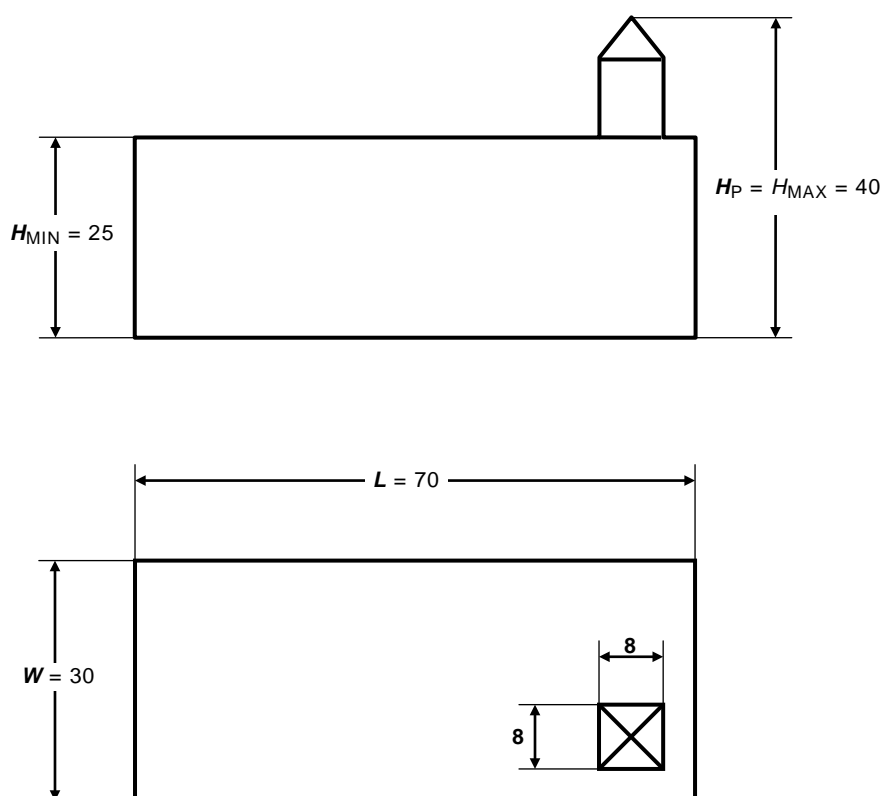
A.2.1.2 Structure de forme complexe

Si la structure a une forme complexe, par exemple avec toiture en pointe élevée (voir Figure A.2), il convient d'utiliser une méthode graphique pour évaluer A_D (voir Figure A.3).

Une valeur approximative acceptable de la surface équivalente d'exposition est le maximum entre $A_{D\text{MIN}}$ évaluée (A.2) en tenant compte de la hauteur minimale H_{MIN} de la structure et la surface équivalente d'exposition attribuée à la toiture en pointe élevée $A_{D'}$. $A_{D'}$ peut être calculé avec :

$$A_{D'} = \pi \times (3 \times H_p)^2 \quad (\text{A.3})$$

où H_p est la hauteur de la pointe.



IEC 2638/10

Figure A.2 – Structure de forme complexe

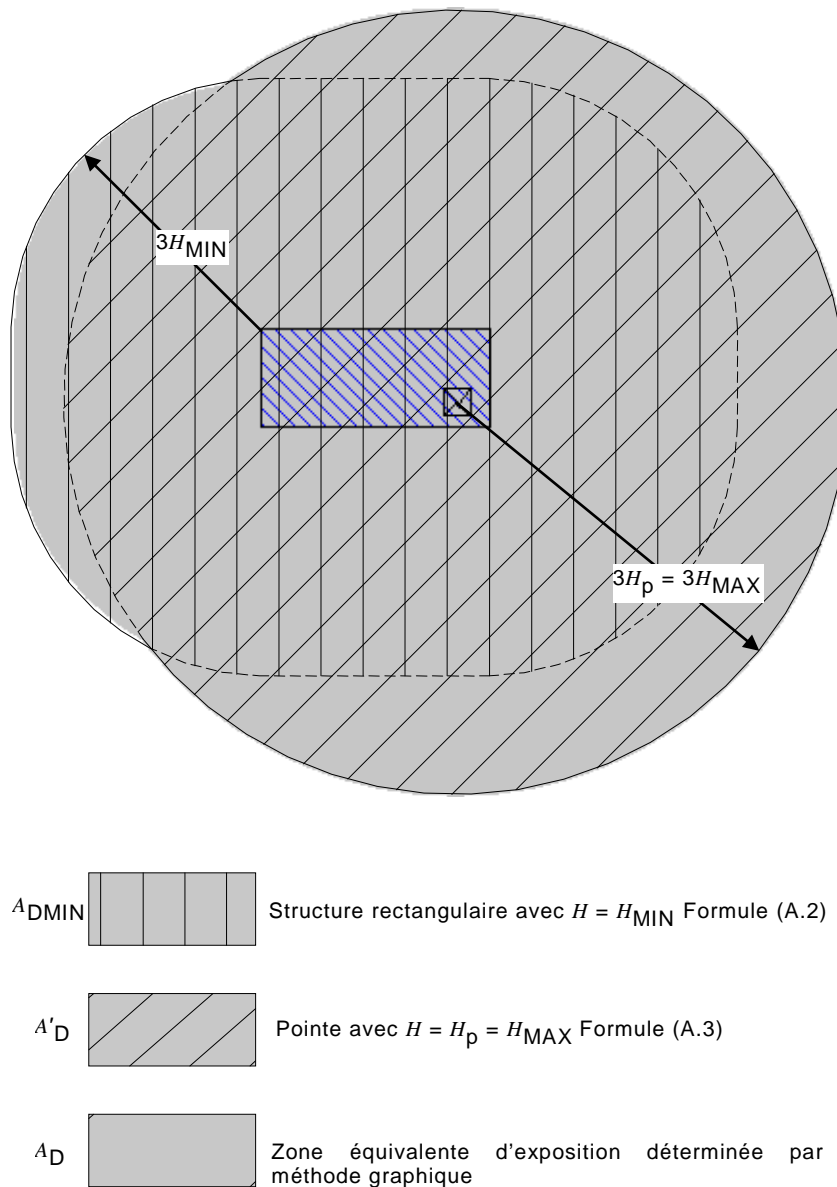


Figure A.3 – Différentes méthodes de détermination de la zone équivalente d'exposition de la structure concernée

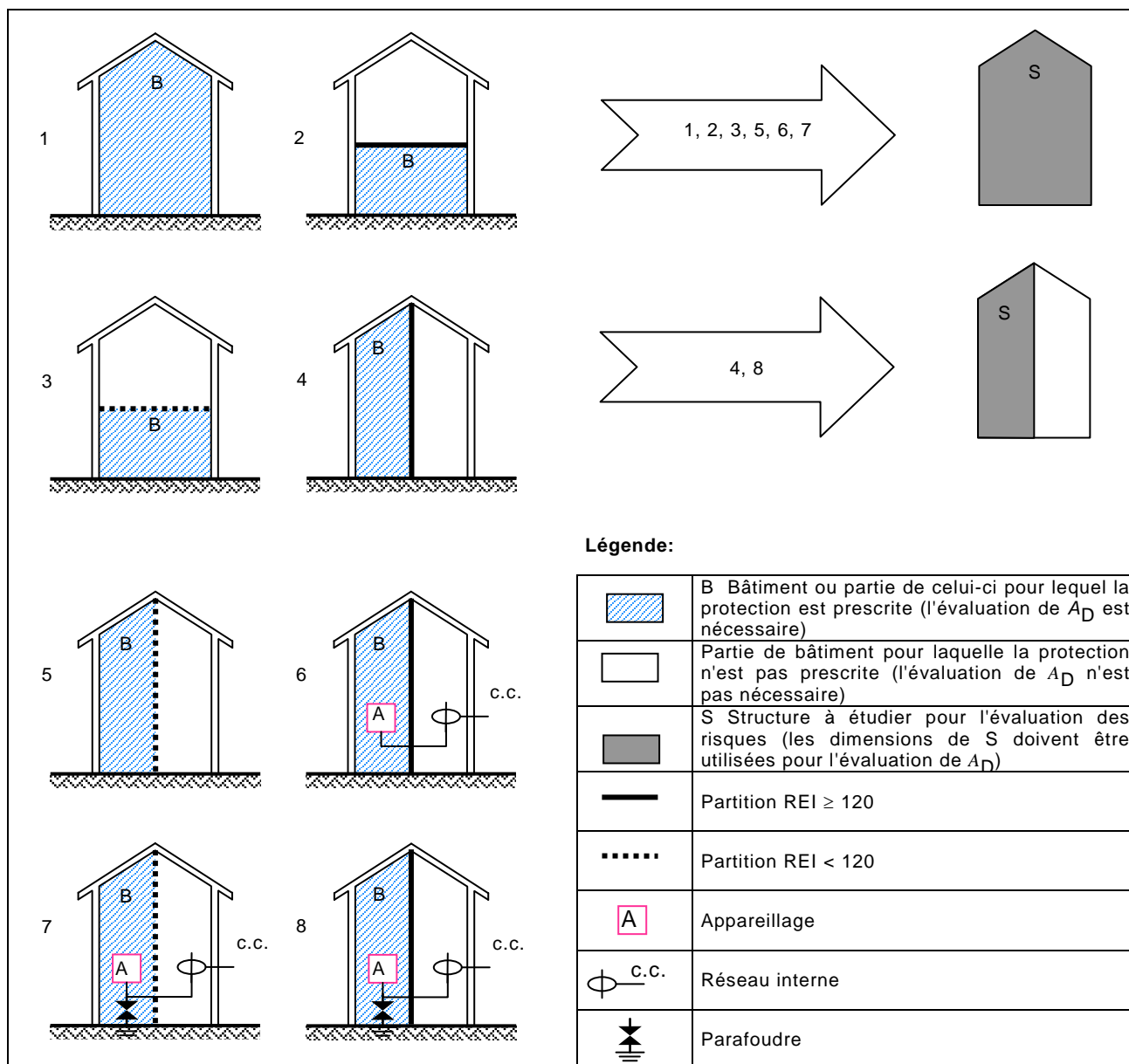
A.2.2 Structure faisant partie d'un bâtiment

Lorsque la structure S à considérer 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 Figure A.4) :

- la structure S est une partie verticale séparée du bâtiment B ;
- le bâtiment B est une structure sans risque d'explosion ;
- la propagation du feu entre la structure S et d'autres parties du bâtiment B est évitée au moyen de parois présentant une résistance au feu de 120 min (REI 120) ou au moyen d'autres mesures de protection équivalente ;
- la propagation des surtensions le long des services communs, s'il y en a, est évitée au moyen d'un parafoudre installé au point d'entrée de tels services dans la structure ou au moyen d'autres mesures de protection équivalentes.

NOTE Pour la définition et des informations sur REI, voir [7].

Lorsque ces conditions ne sont pas satisfaites, il convient d'utiliser les dimensions de l'ensemble du bâtiment B.



IEC 2090/05

Figure A.4 – Structure à considérer pour l'évaluation de la surface équivalente d'exposition A_D

A.2.3 Emplacement relatif d'une structure

L'emplacement relatif d'une structure dépend des structures environnantes ou de l'exposition de la structure pris en compte par un facteur d'emplacement C_D (voir 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 supposant $C_D = 1$.

Tableau A.1 – Facteur d'emplacement C_D

Emplacement relatif	C_D
Structure entourée par des objets plus hauts	0,25
Structure entourée par des objets de la même hauteur ou plus petits	0,5
Structure isolée : pas d'autres objets à proximité	1
Structure isolée au sommet d'une colline ou sur un monticule	2

A.2.4 Nombre d'événements dangereux N_D pour une structure

N_D peut être évalué comme le produit :

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (\text{A.4})$$

où

N_G est la densité de foudrolement (1//km²/an) ;

A_D est la surface équivalente d'exposition de la structure (m²) (voir Figure A.5) ;

C_D est le facteur d'emplacement de la structure à protéger (voir Tableau A.1).

A.2.5 Nombre d'événements dangereux N_{DJ} pour une structure adjacente

Le nombre annuel moyen d'événements dangereux N_{DJ} dus à des impacts sur une structure connectée à l'extrémité d'un service (voir 6.5 et Figure A.5) peut être évalué comme le produit:

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

où

N_G est la densité de foudrolement (1//km²/an) ;

A_{DJ} est la surface équivalente d'exposition de la structure adjacente (m²) (voir Figure A.5) ;

C_{DJ} est le facteur d'emplacement de la structure adjacente (voir Tableau A.1) ;

C_T est le facteur de type de service (voir Tableau A.3).

A.3 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure N_M

N_M peut être évalué comme le produit :

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (\text{A.6})$$

où

N_G est la densité de foudrolement (coups/km²/an) ;

A_M est la zone équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure (m²).

La zone équivalente d'exposition A_M s'étend jusqu'à un service distant de 500 m de la périphérie de la structure (voir Figure A.5).

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2 \quad (\text{A.7})$$

A.4 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service N_L

Un service peut comprendre plusieurs sections. Pour chaque section de service, N_L peut être évalué par :

$$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.8})$$

où

N_L est le nombre de surtensions d'amplitude non inférieure à 1 kV (1/an) sur la section de service)

N_G est la densité de foudroiement (1/km² /an) ;

A_L est la surface équivalente d'exposition des coups de foudre sur le service (m²) (voir Figure A.5) ;

C_i est le facteur d'installation du service (voir Tableau A.2) ;

C_T est le facteur de type de service (voir Tableau A.3) ;

C_E est le facteur d'environnement (voir Tableau A.4) ;

avec la surface équivalente d'exposition pour des coups de foudre sur un service :

$$A_L = 40 \times L_L \quad (\text{A.9})$$

L_L est la longueur de la section de service (m).

Lorsque la longueur d'une section de service est inconnue, on estime que $L_L = 1000$ m.

NOTE 1 Les comités nationaux peuvent améliorer ces informations afin de mieux satisfaire aux conditions nationales en matière de services de puissance et de communication.

Tableau A.2 – Facteur d'installation de service C_i

Cheminement	C_i
Aérien	1
Enterré	0,5
Câbles enterrés entièrement posés dans un réseau maillé de terre (5.2 de l'EN 62305-4:2011)	0,01

Tableau A.3 – Facteur de type de service C_T

Installation	C_T
Service de puissance BT, de communication ou de transmission de données	1
Service de puissance HT (avec transformateur HT/BT)	0,2

Tableau A.4 – Facteur d'environnement de service C_E

Environnement	C_E
Rural	1
Suburbain	0,5
Urbain	0,1
Urbain avec bâtiments de grande hauteur ^a	0,01
^a Hauteur des bâtiments supérieure à 20 m.	

NOTE 2 La résistivité du sol affecte la surface équivalente 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 (A_L proportionnelle à ρ). Le facteur d'installation du Tableau A.2 est basé sur $\rho = 400 \Omega\text{m}$

NOTE 3 Des informations détaillées sur les surfaces équivalentes d'exposition A_i des services de communication peuvent être trouvées dans la Recommandation UIT-T K. 47 ^[8].

A.5 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service N_I

Un service peut comprendre plusieurs sections. Pour chaque section de service, la valeur de N_I peut être évaluée par

$$N_I = N_G \times A_i \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.10})$$

où

N_I est le nombre de surtensions d'amplitude non inférieure à 1 kV (1/an) sur la section de service

N_G est la densité de foudrolement (1/km²/an) ;

A_i est la surface équivalente d'exposition des coups de foudre au sol à proximité du service (m²) (voir Figure A.5) ;

C_i est le facteur d'installation (voir Tableau A.2) ;

C_T est le facteur de type de service (voir Tableau A.3) ;

C_E est le facteur d'environnement (voir Tableau A.4) ;

avec la surface équivalente d'exposition pour des coups de foudre à proximité d'un service

$$A_L = 4000 \times L_L \quad (\text{A.11})$$

où L_L est la longueur de la section de service (m).

Lorsque la longueur d'une section de service est inconnue, on suppose que $L_L = 1000$ m.

NOTE 1 Les comités nationaux peuvent améliorer ces informations afin de mieux satisfaire aux conditions nationales en matière de services de puissance et de communication.

NOTE 2 Une évaluation plus précise de A_i peut être trouvée dans Electra n. 161 ^[9] et 162 ^[10] 1995 pour les services de puissance et dans la Recommandation UIT-T K. 46 ^[11] pour les services de communication.

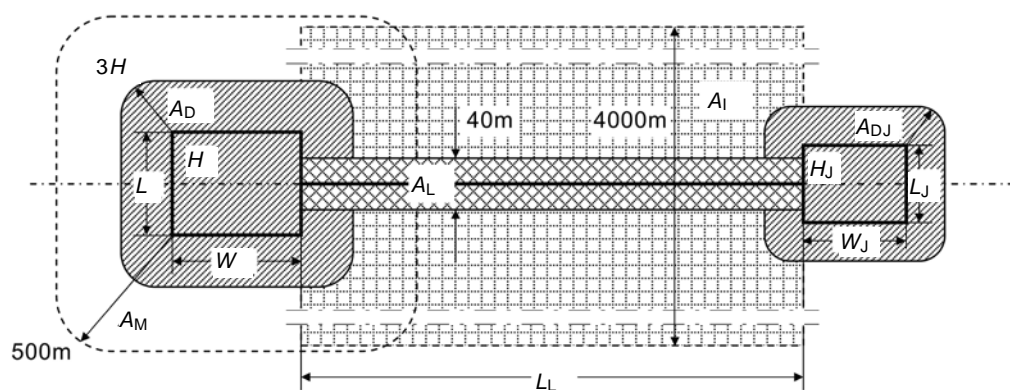


Figure A.5 – Surfaces équivalentes d'exposition (A_D , A_M , A_i , A_L)

Annexe B (informative)

Evaluation de la probabilité de dommages P_x d'une structure

B.1 Généralités

Les probabilités données dans la présente annexe sont valables si les mesures de protection sont conformes à :

- l'EN 62305-3 pour les mesures de protection réduisant les blessures d'êtres vivants et les dommages physiques ;
- l'EN 62305-4 pour les mesures de protection réduisant les défaillances des réseaux internes.

D'autres valeurs peuvent être choisies si cela est justifié.

Les valeurs des probabilités P_x inférieures à 1 peuvent uniquement être prises, si la mesure ou la caractéristique est valable pour la structure entière ou la zone de structure (Z_S) à protéger et pour tous les matériels associés.

B.2 Probabilité P_A pour qu'un impact sur la structure entraîne des blessures d'êtres vivants par choc électrique

Les valeurs de probabilité P_A de chocs sur des êtres vivants dus à des tensions de contact et de pas en raison d'impacts sur une structure dépendent du SPF adopté et des mesures de protection complémentaires fournies.

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (\text{B.1})$$

où

P_{TA} dépend des mesures de protection complémentaires contre les tensions de contact et de pas, telles que répertoriées dans le Tableau B.1. Les valeurs de P_{TA} sont données dans le Tableau B.1.

P_B dépend du niveau de protection contre la foudre (NPF) pour lequel le SPF conforme à l'EN 62305-3 est conçu. Les valeurs de P_B sont données dans le Tableau B.2.

Tableau B.1 – Valeurs de probabilité P_{TA} pour qu'un impact sur la structure entraîne des chocs sur des êtres vivants dus à des tensions dangereuses de contact et de pas

Mesure de protection complémentaire	P_{TA}
Pas de mesures de protection	1
Plaques 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	10^{-2}
Restrictions ou armature physiques telles que réseau de conducteurs de descente	0

Si plusieurs mesures de protection ont été prises, la valeur de P_{TA} est le produit des valeurs correspondantes.

NOTE 1 Les mesures de protection ne permettent de réduire P_A que dans les structures protégées par un SPF ou les structures à armature continue en métal ou en béton armé agissant comme un SPF naturel, satisfaisant aux exigences d'équipotentialité et de mise à la terre de l'EN 62305-3.

NOTE 2 Pour plus d'informations, voir 8.1 et 8.2 de l'EN 62305-3:2011.

B.3 Probabilité P_B pour qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques

Un SPF est approprié comme mesure de protection pour réduire P_B .

Les valeurs de probabilité P_B de dommages physiques dus à un impact sur une structure sont données dans le Tableau B.2 en fonction du niveau de protection contre la foudre (NPF).

Tableau B.2– Valeurs de probabilité P_B en fonction des mesures de protection pour réduire les dommages physiques

Caractéristiques de la structure	Classe de SPF	P_B
Structure non protégée par SPF	–	1
Structure protégée par SPF	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Structure avec dispositif de capture de SPF I et avec armatures en métal continues ou en béton armé agissant comme réseau de conducteurs de descente naturels		0,01
Structure avec toiture métallique ou avec dispositif de capture, possibilité d'inclure des composants naturels, assurant une protection complète des matériels sur le toit contre les coups de foudre directs et armatures en métal continues ou en béton armé agissant comme réseau de conducteurs de descente naturels		0,001

NOTE 1 Des valeurs de P_B autres que celles données dans le Tableau B.2 sont possibles si elles ont été correctement évaluées selon les exigences d'interception et de dimensionnement de l'EN 62305-1.

NOTE 2 Les caractéristiques du SPF, y compris celles du parafoudre pour l'équipotentialité, sont indiquées dans l'EN 62305-3.

B.4 Probabilité P_C pour qu'un impact sur une structure entraîne des défaillances des réseaux internes

Un système de protection coordonnée par parafoudres est approprié comme mesure de protection pour réduire P_C .

Les valeurs de probabilité P_C de défaillances des réseaux internes dues à un impact sur une structure sont données par :

$$P_C = P_{\text{parafoudre}} \cdot C_{LD} \quad (\text{B.2})$$

Les valeurs de $P_{\text{parafoudre}}$ dépendent du système de protection coordonnée par parafoudres conforme à l'EN 62305-4 et du niveau de protection contre la foudre (NPF) pour lesquels les parafoudres sont conçus. Les valeurs de $P_{\text{parafoudre}}$ sont données dans le Tableau B.3.

C_{LD} est un facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service auquel est connecté le réseau interne. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.4.

Tableau B.3 – Valeur de probabilité $P_{\text{parafoudre}}$ en fonction des niveaux de protection contre la foudre pour lesquels le parafoudre est conçu

Niveau de protection	$P_{\text{parafoudre}}$
Pas de parafoudres coordonnés	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTE 2	0,005 – 0,001

NOTE 1 Seule une protection coordonnée par parafoudres est adaptée comme mesure de protection pour réduire P_C . Une telle protection est efficace si la structure est protégée par SPF ou si les structures présentent des armatures métalliques continues ou en béton armé continues agissant comme SPF naturel, lorsque les exigences d'équipotentialité et de mise à la terre de l'EN 62305-3 sont satisfaites.

NOTE 2 Les valeurs de $P_{\text{parafoudre}}$ peuvent être réduites pour les parafoudres ayant de meilleures caractéristiques de protection (courant nominal supérieur I_N , niveau de protection inférieur U_p , etc.) concernant les exigences définies pour NPF I aux emplacements d'installation correspondants (voir. EN 62305-1:2011 Tableau A.3 pour des informations sur les probabilités de courant de foudre et EN 62305-1:2011 Annexe E et EN 62305-4:2011 Annexe D pour le partage du courant de foudre). Les mêmes annexes peuvent être utilisées pour des parafoudres ayant des probabilités supérieures $P_{\text{parafoudre}}$.

Tableau B.4 – Valeurs des facteurs C_{LD} et C_{LI} associés aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation

Type de service extérieur	Connexion à l'entrée	C_{LD}	C_{LI}
Service aérien non blindé	Non définie	1	1
Service enterré non blindé	Non définie	1	1
Service de puissance à neutre mis à la terre en plusieurs emplacements	Aucun	1	0,2
Service enterré blindé (de puissance ou de communication)	Blindage non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0,3
Service aérien blindé (de puissance ou de communication)	Blindage non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0,1
Service enterré blindé (de puissance ou de communication)	Blindage relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	1	0
Service aérien blindé (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 les 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 service extérieur)	Pas de connexion aux services extérieurs (réseaux autonomes)	0	0
Tout type	Interface d'isolement selon l'EN 62305-4	0	0

NOTE 3 Pour l'évaluation de la probabilité P_C , les valeurs de C_{LD} données dans le Tableau B.4 font référence aux réseaux internes blindés; pour des réseaux internes non blindés, il convient de supposer que $C_{LD} = 1$

NOTE 4 Pour les réseaux internes non blindés

- non connectés aux services extérieurs (réseaux autonomes) ou
- connectés aux services extérieurs par des interfaces d'isolement, ou
- connectés aux services extérieurs comportant des câbles de protection contre la foudre ou 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,

il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre un système de protection coordonnée par parafoudres conformément à l'EN 62305-4 pour réduire P_C à condition que la tension induite U_i ne soit pas supérieure à la tension de tenue U_w du réseau interne ($U_i \leq U_w$). Pour l'évaluation de la tension induite U_i , voir l'EN 62305-4:2011, Annexe A.

B.5 Probabilité P_M pour qu'un impact à proximité d'une structure entraîne des défaillances des réseaux internes

Un SPF maillé, des blindages, des précautions de cheminement, une tension de tenue améliorée, des interfaces d'isolement et des systèmes de protection coordonnée par parafoudres sont appropriés comme mesures de protection pour réduire P_M .

La probabilité P_M de défaillances des réseaux internes dues à un impact à proximité d'une structure dépend des mesures de MPF adoptées.

Si une mesure de protection coordonnée par parafoudres conformément aux exigences de l'EN 62305-4 n'est pas prévue, la valeur de P_M est prise égale à P_{MS} .

Si une mesure de protection coordonnée par parafoudres conformément à l'EN 62305-4 est prévue, la valeur de P_M est donnée par :

$$P_M = P_{\text{parafoudre}} \times P_{MS} \quad (\text{B.3})$$

Pour les réseaux internes dont les matériels ne répondent pas aux normes de produits applicables en matière de résistivité ou de niveau de tension de tenue, il convient de supposer que $P_M = 1$.

Les valeurs de P_{MS} sont obtenues à partir du produit :

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 \quad (\text{B.4})$$

où

K_{S1} prend en compte l'efficacité du blindage de la structure, du SPF ou d'autres écrans à la frontière ZPF 0/1 ;

K_{S2} prend en compte l'efficacité des écrans internes de la structure à la frontière ZPF X/Y ($X > 0$, $Y > 1$) ;

K_{S3} prend en compte les caractéristiques du câblage interne (voir Tableau B.5) ;

K_{S4} prend en compte la tension de tenue aux chocs des réseaux à protéger.

NOTE 1 Lorsque des matériels équipés d'interfaces d'isolement comportant des transformateurs d'isolement avec écran mis à la terre entre les enroulements, ou des câbles à fibre optique ou des optocoupleurs, sont utilisés, il convient de supposer que $P_{MS} = 0$.

Dans une ZPF, à une distance de sécurité du blindage de limite au moins égale à la taille de la maille w_m , les facteurs K_{S1} et K_{S2} pour le SPF ou pour les blindages maillés peuvent être évalués comme suit :

$$K_{S1} = 0,12 \times w_{m1} \quad (\text{B.5})$$

$$K_{S2} = 0,12 \times w_{m2} \quad (\text{B.6})$$

où w_{m1} (m) et w_{m2} (m) sont les largeurs de maille du blindage spatial maillé ou des conducteurs de descente maillés ou encore de la distance de séparation entre les colonnes métalliques de la structure ou entre les armatures en béton jouant le rôle de SPF naturel.

Pour les écrans métalliques continus d'une épaisseur non inférieure à 0,1 mm, $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4}$.

NOTE 2 Pour un réseau d'équipotentialité maillé conforme à l'EN 62305-4, les valeurs de K_{S1} et de K_{S2} peuvent être réduites de moitié.

Si une boucle d'induction circule à proximité de la frontière d'une ZPF et si les conducteurs blindés sont à une distance plus faible que la distance de sécurité, les valeurs de K_{S1} et K_{S2} seront plus élevées. Par exemple, pour les distances allant de 0,1 w_m à 0,2 w_m , il convient que les valeurs de K_{S1} et K_{S2} soient doublées.

Pour une cascade de ZPF, la valeur finale K_{S2} est le produit des valeurs correspondantes K_{S2} de chaque ZPF.

NOTE 3 La valeur maximale de K_{S1} et de K_{S2} est limitée à 1.

Tableau B.5 – Valeur du facteur K_{S3} en fonction du câblage interne

Type de câblage interne	K_{S3}
Câble non blindé – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles ^a	1
Câble non blindé – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille ^b	0,2
Câble non blindé – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles ^c	0,01
Câbles blindés et câbles cheminant dans des conduits métalliques ^d	0,000 1
^a Boucles avec différents cheminements dans de grands bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 50 m ²) ^b Boucles dans le même conduit ou boucles avec différents cheminements dans de petits bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 10 m ²). ^c Boucles dans le même câble (surface de boucle de l'ordre de 0,5 m ²). ^d à condition que les blindages et les conduits métalliques soient reliés à une borne d'équipotentialité à ses deux extrémités, et que le matériel soit connecté à la même borne d'équipotentialité.	

Le facteur K_{S4} est évalué comme suit :

$$K_{S4} = 1/U_w \quad (\text{B.7})$$

où

U_w est la tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger, en kV.

NOTE 4 La valeur maximale de K_{S4} est limitée à 1.

Si dans un réseau interne, des appareils présentent des niveaux différents de tension de tenue aux chocs, il convient de choisir le facteur K_{S4} pour le niveau de tension de tenue aux chocs le plus faible.

B.6 Probabilité P_U pour qu'un impact sur un service entraîne des blessures d'êtres vivants par choc électrique

Les valeurs de probabilité P_U de blessures d'êtres vivants dues à des tensions de contact en raison d'impacts sur un service entrant dans la structure dépendent des caractéristiques des blindages du service, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés au service, des mesures de protection typiques (restrictions physiques, notices d'avertissement) et des interfaces d'isolement ou parafoudre(s) prévus pour le réseau d'équipotentialité à l'entrée du service conformément à l'EN 62305-3.

NOTE 1 Des parafoudres coordonnés selon l'EN 62305-4 ne sont pas nécessaires ici pour réduire P_U . Les parafoudres conformes à l'EN 62305-3 sont suffisants.

Les valeurs de P_U sont données par :

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.8})$$

où :

P_{TU} dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement. Les valeurs de P_{TU} sont données dans le Tableau B.6.

P_{EB} dépend de la liaison équipotentielle de foudre (EB) conforme à l'EN 62305-3 et du niveau de protection contre la foudre (NPF) pour lequel ses parafoudres sont conçus. Les valeurs de P_{EB} sont données dans le Tableau B.7.

P_{LD} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un coup de foudre sur le service connecté dépendant des caractéristiques du service. Les valeurs de P_{LD} sont données dans le Tableau B.8.

C_{LD} est un facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.4.

NOTE 2 Lorsqu'un ou des parafoudres conformes à l'EN 62305-3 sont prévus pour la liaison équipotentielle à l'entrée du service, la mise à la terre et l'équipotentialité réalisées conformément à l'EN 62305-4 peuvent améliorer la protection.

Tableau B.6 – Valeurs de la probabilité P_{TU} pour qu'un coup de foudre sur un service entrant entraînera des chocs aux êtres vivants du fait de tensions de contact dangereuses

Mesure de protection	P_{TU}
Pas de mesures de protection	1
Notices d'avertissement	10^{-1}
Isolation électrique	10^{-2}
Restrictions physiques	0

NOTE 3 Si plusieurs dispositions ont été prises, la valeur de P_{TU} est le produit des valeurs correspondantes.

Tableau B.7 – Valeur de la probabilité P_{EB} en fonction du NPF pour lequel les parafoudres sont conçus

NPF	P_{EB}
Pas de parafoudre	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTE 3	0,005 – 0,001

NOTE 4 Les valeurs de P_{EB} peuvent être réduites pour les parafoudres ayant de meilleures caractéristiques de protection (courant nominal supérieur I_N , niveau de protection inférieur U_p , etc.) concernant les exigences définies pour NPF I aux emplacements d'installation correspondants (voir EN 62305-1:2011 Tableau A.3 pour des informations sur les probabilités de courant de foudre et EN 62305-1:2011 Annexe E et EN 62305-4:2011 Annexe D pour le partage du courant de foudre). Les mêmes annexes peuvent être utilisées pour des parafoudres ayant des probabilités supérieures P_{EB} .

Tableau B.8 – Valeur de la probabilité P_{LD} en fonction de la résistance R_S du blindage du câble et de la tension de tenue aux chocs U_w du matériel

Type de service	Conditions de cheminement, de blindage et de mise à la terre		Tension de tenue U_w en kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Services de puissance ou de services de communication	Service aérien ou enterré, non blindé ou blindé, dont le blindage n'est pas relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté		1	1	1	1	1
	Aérien ou enterré blindé 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	0,95	0,9	0,8
		$1\Omega/\text{km} < R_S \leq 5\Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		$R_S \leq 1\Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02

NOTE 5 Dans la zone suburbaine/urbaine, le service de puissance BT utilise généralement un câble non blindé enterré tandis que le service de communication utilise un câble blindé enterré (avec un minimum de 20 conducteurs, résistance de blindage 5 Ω/km, diamètre du fil de cuivre : 0,6 mm). Dans la zone rurale, le service de puissance BT utilise un câble non blindé aérien tandis que le service de communication utilise un câble non blindé aérien (diamètre du fil de cuivre : 1 mm). Le service de puissance HT enterré utilise généralement un câble blindé de résistance de blindage de l'ordre de 1 Ω/km à 5 Ω/km. Les comités nationaux peuvent améliorer ces informations afin de mieux satisfaire aux conditions nationales en matière de services de puissance et de communication.

B.7 Probabilité P_V pour qu'un impact sur un service entraîne des dommages physiques

Les valeurs de probabilité P_V de dommages physiques en raison d'impact sur un service entrant dans la structure dépendent des caractéristiques du blindage, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés au service et des interfaces d'isolement ou des parafoudres prévus pour le réseau d'équipotentialité à l'entrée du service conformément à l'EN 62305-3.

NOTE Des parafoudres coordonnés selon l'EN 62305-4 ne sont pas nécessaires ici pour réduire P_V . Les parafoudres conformes à l'EN 62305-3 sont suffisants.

La valeur de P_V est donnée par :

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.9})$$

où

P_{EB} dépend de la liaison équipotentielle de foudre (EB) conforme à l'EN 62305-3 et du niveau de protection contre la foudre (NPF) pour lequel ses parafoudres sont conçus. Les valeurs de P_{EB} sont données dans le Tableau B.7.

P_{LD} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un coup de foudre sur le service connecté dépendant des caractéristiques du service. Les valeurs de P_{LD} sont données dans le Tableau B.8.

C_{LD} est un facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.4.

B.8 Probabilité P_W pour qu'un impact sur un service entraîne des défaillances des réseaux internes

Les valeurs de probabilité P_W de défaillances des réseaux internes en raison d'impact sur un service entrant dans la structure dépendent des caractéristiques des écrans du service, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés au service et des interfaces d'isolement ou des parafoudres coordonnés installés.

La valeur de P_W est donnée par :

$$P_W = P_{\text{parafoudre}} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.10})$$

où

$P_{\text{parafoudre}}$ dépend du système de protection coordonnée par parafoudres conforme à l'EN 62305-4 et du niveau de protection contre la foudre (NPF) pour lequel ses parafoudres sont conçus. Les valeurs de $P_{\text{parafoudre}}$ sont données dans le Tableau B.3.

P_{LD} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un coup de foudre sur le service connecté dépendant des caractéristiques du service. Les valeurs de P_{LD} sont données dans le Tableau B.8.

C_{LD} est un facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service. Les valeurs de C_{LD} sont données dans le Tableau B.4.

B.9 Probabilité P_Z pour qu'un impact à proximité d'un service entrant entraîne des défaillances des réseaux internes

Les valeurs de probabilité P_Z de défaillances des réseaux internes en raison d'impact à proximité d'un service entrant dans la structure dépendent des caractéristiques des blindages du service, de la tension de tenue aux chocs des réseaux connectés au service et des interfaces d'isolement ou des parafoudres coordonnés installés.

La valeur de P_Z est donnée par :

$$P_Z = P_{\text{parafoudre}} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (\text{B.11})$$

où

$P_{\text{parafoudre}}$ dépend du système de protection coordonnée par parafoudres conforme à l'EN 62305-4 et du niveau de protection contre la foudre (NPF) pour lequel ses parafoudres sont conçus. Les valeurs de $P_{\text{parafoudre}}$ sont données dans le Tableau B.3.

P_{LI} est la probabilité de défaillances des réseaux internes dues à un coup de foudre à proximité du service connecté dépendant des caractéristiques du service et des matériels. Les valeurs de P_{LI} sont données dans le Tableau B.9.

C_{LI} est un facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service. Les valeurs de C_{LI} sont données dans le Tableau B.4.

Tableau B.9 – Valeurs de la probabilité P_{LI} en fonction du type de service et de la tension de tenue aux chocs U_w du matériel

Type de service	Tension de tenue U_w en kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Services de puissance	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Services de communication	1	0,5	0,2	0,08	0,04

NOTE Des valeurs plus précises de P_{LI} peuvent être obtenues dans la CEI/TR 62066:2002 pour les services de puissance ^[12] et dans la Recommandation UIT-T K.46 ^[11] pour les services de communication.

Annexe C (informative)

Evaluation du montant des pertes L_x

C.1 Généralités

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 types des pertes L_x dans une structure données dans la présente annexe sont les valeurs proposées par la CIEI. D'autres valeurs peuvent être données par chaque comité national ou après étude détaillée.

NOTE 1 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), il convient de réaliser une évaluation plus détaillée de L_x tenant compte de cette perte complémentaire.

NOTE 2 Il est recommandé d'appliquer les formules de la présente annexe comme source primaire des valeurs de L_x .

NOTE Z1 Les valeurs moyennes types des pertes L_x proposées par la CIEI s'appliquent à des régions tempérées. Pour d'autres régions, des ajustements peuvent être nécessaires.

C.2 Montant relatif moyen des pertes par événement dangereux

Les pertes L_x se réfèrent au montant relatif moyen d'un type particulier de dommage pour un événement dangereux, de son étendue et des effets consécutifs pouvant être dus à un impact de foudre.

Les pertes L_x varient selon le type de perte considérée :

- L1 (Perte de vie humaine, y compris les blessures permanentes) : le nombre de personnes en danger (victimes) ;
- L2 (Perte de service public) : le nombre d'utilisateurs non desservis ;
- L3 (Perte d'héritage culturel) : la valeur économique en danger de la structure et son contenu ;
- L4 (Perte de valeurs économiques) : la valeur économique en danger des animaux, de la structure (y compris ses activités), de son contenu et des réseaux internes ;

et, pour chaque type de perte, selon le type de dommage (D1, D2 et D3) à l'origine.

Il convient de déterminer la perte L_x pour chaque zone divisant la structure.

C.3 Perte de vie humaine (L1)

Les valeurs des pertes L_x pour chaque zone peuvent être déterminées selon le Tableau C.1 en tenant compte des éléments suivants :

- la perte de vie humaine est affectée par les caractéristiques de la zone. Elles sont prises en compte par les facteurs croissants (h_z) et décroissants (r_t , r_p , r_i) ;
- la valeur maximale de la perte dans la zone doit être réduite par le rapport entre le nombre de personnes dans la zone (n_z) et le nombre total de personnes (n_t) dans toute la structure ;
- la durée annuelle, en heures, de présence des personnes dans la zone (t_z), si elle est inférieure aux 8760 heures annuelles totales, elle réduit également la perte.

Tableau C.1 – Type de perte L1 : Valeurs des pertes pour chaque zone

Type de dommage	Perte typique	Formule
D1	$L_A = r_t \times L_T \times n_Z/n_t \times t_z/8\ 760$	(C.1)
D1	$L_U = r_t \times L_T \times n_Z/n_t \times t_z/8\ 760$	(C.2)
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_Z/n_t \times t_z/8\ 760$	(C.3)
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_Z/n_t \times t_z/8\ 760$	(C.4)

où

L_T est le pourcentage moyen type de victimes blessées par choc électrique (D1) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.2);

L_F est le pourcentage moyen type de victimes par dommage physique (D2) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.2);

L_O est le pourcentage moyen type de victimes par défaillance des réseaux internes (D3) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.2);

r_t est un facteur de réduction des pertes en vies humaines en fonction du type de sol ou de plancher (voir Tableau C.3)

r_p est un facteur de réduction des pertes dues aux dommages physiques en fonction des dispositions prises pour réduire les conséquences du feu (voir Tableau C.4) ;

r_f est un facteur de réduction des pertes dues aux dommages physiques en fonction du risque de feu ou d'explosion de la structure (voir Tableau C.5) ;

h_z est un facteur d'augmentation des pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécifique (voir Tableau C.6) .

n_z est le nombre de personnes dans la zone ;

n_t est le nombre total de personnes dans la structure ;

t_z est la durée annuelle en heures de présence des personnes dans la zone.

NOTE Z1 Quand une structure est considérée comme une seule zone, il convient que le rapport n_z/n_t soit égal à une valeur de 1.

NOTE Z2 Lorsque la valeur de t_z n'est pas connue, il convient que le rapport $t_z/8\ 760$ soit égal à une valeur de 1.

Tableau C.2 – Type de perte L1 : Valeurs moyennes types de L_T , L_F et L_O

Type de dommage	Valeur de perte typique		Type de structure
D1 blessures	L_T	10^{-2}	Tout type
D2 dommages physiques	L_F	10^{-1}	Risque d'explosion
		10^{-1}	Hôpital, hôtel, école, bâtiment civil
		5×10^{-2}	Publique de loisir, église, musée
		2×10^{-2}	Industrielle, commerciale
		10^{-2}	Autres
D3 défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-1}	Risque d'explosion
		10^{-2}	Unité de soins intensifs et bloc opératoire d'hôpital
		10^{-3}	Autres parties d'hôpitaux

NOTE 1 Les valeurs du Tableau C.2 font référence à la présence continue de personnes dans la structure.

NOTE 2 Dans le cas d'une structure avec risque d'explosion, les valeurs de L_F et L_O peuvent nécessiter de réaliser une évaluation plus détaillée, tenant compte du type de structure, du risque d'explosion, du concept de zones dangereuses et des mesures prises pour réduire le risque.

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_{BE} et L_{VE}) pour évaluer les pertes totales (L_{BT} et L_{VT}):

$$L_{BT} = L_B + L_{BE} \quad (C.5)$$

$$L_{VT} = L_V + L_{VE}$$

où

$$L_{BE} = L_{VE} = L_{FE} \times t_e / 8\,760 \quad (C.6)$$

L_{FE} est le pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure ;

t_e est la durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure.

NOTE 3 Si les valeurs de t_e sont inconnues, il convient de supposer que $t_e / 8\,760 = 1$. Il convient que L_{FE} soit évalué ou fondé sur les documents des autorités de juridiction.

Tableau C.3 – Facteur de réduction r_t en fonction du type de surface du sol ou du plancher

Type de surface ^b	Résistance de contact $k\Omega$ ^a	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}
^a Valeurs mesurées entre une électrode de 400 cm ² comprimée avec une force uniforme de 500 N à un point à l'infini.		
^b Une couche de matériaux isolants, par exemple de l'asphalte, de 5 cm d'épaisseur (ou une couche de gravier de 15 cm d'épaisseur) réduit généralement le danger à un niveau tolérable.		

Tableau C.4 – Facteur de réduction r_p en fonction des dispositions prises pour réduire la conséquence du feu

Dispositions	r_p
Pas de disposition	1
Une des dispositions suivantes : extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement, 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 ^a	0,2
^a Seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si le temps d'intervention des pompiers est inférieur à 10 min.	

Si plusieurs dispositions ont été prises, il convient que la valeur de r_p soit la plus faible des valeurs individuelles.

Dans les structures présentant un risque d'explosion, $r_p = 1$ dans tous les cas.

Tableau C.5 – 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 massif	1
	Zones 1, 21	10^{-1}
	Zones 2, 22	10^{-3}
Incendie	Elevé	10^{-1}
	Ordinaire	10^{-2}
	Faible	10^{-3}
Explosion ou incendie	Aucun	0

NOTE 4 Dans le cas d'une structure présentant un risque d'explosion, une évaluation plus détaillée de r_f peut être nécessaire.

NOTE 5 On peut estimer que les structures présentant un risque de feu élevé sont les structures en matériaux combustibles ou les structures dont le toit est en matériaux combustibles ou les structures avec une charge calorifique spécifique supérieure à 800 MJ/m².

NOTE 6 On peut estimer que les structures présentant un risque ordinaire de feu sont les structures qui ont une charge calorifique spécifique comprise entre 800 MJ/m² et 400 MJ/m².

NOTE 7 On peut estimer que les structures qui présentent un faible risque de feu sont les structures qui ont une charge calorifique spécifique inférieure à 400 MJ/m² ou les structures qui ne contiennent qu'occasionnellement des matériaux combustibles.

NOTE 8 La charge calorifique spécifique est le rapport de l'énergie de la part totale de matériau combustible dans une structure sur la surface complète de la structure.

NOTE 9 Pour les besoins de la présente partie de l'EN 62305, il convient que les structures comportant des zones dangereuses ou contenant des matériaux explosifs massifs ne soient pas considérées comme des structures avec risque d'explosion si l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- a) la durée de présence des substances explosives est inférieure à 0,1 heure/an ;
- b) le volume d'atmosphère explosive est négligeable conformément à l'EN 60079-10-1 ^[3] et à l'EN 60079-10-2 ^[4] ;
- c) la zone ne peut être frappée directement par un éclair et les étincelles dangereuses dans la zone sont évitées.

NOTE 10 Pour les zones dangereuses protégées par des abris métalliques, la condition c) est satisfaite lorsque l'abri formé par un dispositif de capture naturel agit en toute sécurité sans problème de perforation ou de point chaud, et les réseaux internes à l'intérieur de l'abri, le cas échéant, sont protégés contre les surtensions afin d'éviter des étincelles dangereuses.

Tableau C.6 – Facteur h_z augmentant le montant relatif des pertes en présence d'un danger particulier

Type de danger particulier	h_z
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées, hôpitaux)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10

C.4 Pertes inacceptables de service public (L2)

Les valeurs des pertes L_x pour chaque zone d'une structure peuvent être déterminées selon le Tableau C.7 en tenant compte des éléments suivants :

- la perte de service public est affectée par les caractéristiques de la zone de la structure. Elles sont prises en compte par les facteurs décroissants (r_f , r_p).

- La valeur maximale de la perte due aux dommages dans la zone doit être réduite par le rapport entre le nombre d'utilisateurs desservis par la zone (n_z) et le nombre total d'utilisateurs (n_t) desservis par toute la structure.

Tableau C.7 – Type de perte L2 : Valeurs des pertes pour chaque zone

Type de dommage	Perte typique	Formule
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times n_z/n_t$	(C.7)
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_z/n_t$	(C.8)

où :

L_F est le pourcentage moyen type d'utilisateurs non desservis par dommage physique (D2) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.8);

L_O est le pourcentage moyen type d'utilisateurs non desservis par défaillance des réseaux internes (D3) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.8);

r_p est un facteur de réduction de la perte due aux dommages physiques dépendant des dispositions prises pour réduire les conséquences de l'incendie (voir Tableau C.4) ;

r_f est un facteur de réduction de la perte due aux dommages physiques dépendant du risque d'incendie (voir Tableau C.5);

n_z est le nombre d'utilisateurs desservis par la zone ;

n_t est le nombre total d'utilisateurs desservis par la structure.

Tableau C.8 – Type de perte L2 : Valeurs moyennes types de L_F et L_O

Type de dommage	Valeur de perte typique	Type de service
D2 dommages physiques	L_F	10 ⁻¹ Alimentation en gaz, eau et électricité
		10 ⁻² TV, lignes de télécommunication
D3 défaillances de réseaux internes	L_O	10 ⁻² Alimentation en gaz, eau et électricité
		10 ⁻³ TV, lignes de télécommunication

C.5 Perte d'héritage culturel irremplaçable (L3)

Les valeurs des pertes L_X pour chaque zone peuvent être déterminées selon le Tableau C.9 en tenant compte des éléments suivants :

- la perte d'héritage culturel est affectée par les caractéristiques de la zone. Elles sont prises en compte par les facteurs décroissants (r_f , r_p) ;
- La valeur maximale de la perte due aux dommages de la zone doit être réduite par le rapport entre le coût de la zone (c_z) et le coût total (c_t) de toute la structure (bâtiment et contenu).

Tableau C.9 – Type de perte L3 : Valeurs des pertes pour chaque zone

Type de dommage	Valeur de perte typique	Formule
D2 dommages physiques	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times c_z / c_t$	(C.9)

où :

L_F est le pourcentage moyen type de tous les biens endommagés par dommage physique (D2) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.10);

r_p est un facteur de réduction de la perte due aux dommages physiques dépendant des dispositions prises pour réduire les conséquences de l'incendie (voir Tableau C.4);

- r_t est un facteur de réduction de la perte due aux dommages physiques dépendant du risque d'incendie (voir Tableau C.5) ;
- c_z est le coût de l'héritage culturel dans la zone ;
- c_t est le coût total du bâtiment et du contenu de la structure (somme de toutes les zones).

Tableau C.10 – Type de perte L3 : Valeurs moyennes types de L_F

Type de dommage	Valeur de perte typique		Type de structure ou zone
D2 dommages physiques	L_F	10^{-1}	Musées, galeries d'art

C.6 Pertes économiques (L4)

Les valeurs des pertes L_X pour chaque zone de la structure peuvent être déterminées selon le Tableau C.11 en tenant compte des éléments suivants :

- la perte de valeurs économiques est affectée par les caractéristiques de la zone. Elles sont prises en compte par les facteurs décroissants (r_t , r_p , r_i) ;
- la valeur maximale de la perte due aux dommages de la zone doit être réduite par le rapport entre la valeur correspondante dans la zone et le coût total (c_t) de toute la structure (animaux, bâtiment, contenu et réseaux internes, y compris leurs activités). La valeur correspondante de la zone dépend du type de dommage :

D1 (blessures d'animaux dues au choc électrique) : c_a (coût des animaux uniquement)

D2 (dommages physiques) $c_a + c_b + c_c + c_s$ (coût de tous les biens)

D3 (défaillances de réseaux internes) : c_s (coût des réseaux internes et de leurs activités uniquement)

Tableau C.11 – Type de perte L4 : Valeurs des pertes pour chaque zone

Type de dommage	Perte typique	Formule
D1	$L_A = r_t \times L_T \times c_a / c_t$	(C.10)
D1	$L_U = r_t \times L_T \times c_a / c_t$	(C.11)
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_i \times L_F \times (c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t$	(C.12)
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times c_s / c_t$	(C.13)

où :

L_T est le pourcentage moyen type de tous les biens endommagés par choc électrique (D1) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.12) ;

L_F est le pourcentage moyen type de tous les biens endommagés par dommage physique (D2) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.12) ;

L_O est le pourcentage moyen type de tous les biens endommagés par défaillance des réseaux internes (D3) du fait d'un événement dangereux (voir Tableau C.12) ;

r_t est un facteur de réduction de la perte d'animaux dépendant du type de sol ou de plancher (voir Tableau C.3) ;

r_p est un facteur de réduction de la perte due aux dommages physiques dépendant des dispositions prises pour réduire les conséquences de l'incendie (voir Tableau C.4) ;

r_i est un facteur de réduction de la perte due aux dommages physiques dépendant du risque d'incendie ou du risque d'explosion de la structure (voir Tableau C.5) ;

c_a est le coût des animaux dans la zone ;

- c_b est le coût du bâtiment associé dans la zone ;
 c_c est le coût du contenu de la zone ;
 c_s est le coût des réseaux internes, y compris leurs activités dans la zone ;
 c_t est le coût total de la structure (somme de toutes les zones pour les animaux, le bâtiment, le contenu et les réseaux internes, y compris leurs activités).

Tableau C.12 – Type de perte L4 : Valeurs moyennes types de L_T , L_F et L_O

Type de dommage	Valeur de perte typique		Type de structure
D1 blessures dues au choc électrique	L_T	10^{-2}	Tous les types où seuls des animaux sont présents
D2 dommages physiques	L_F	1	Risque d'explosion
		0,5	Hôpitaux, industrielle, musées, agricole
		0,2	Hôtel, école, bureaux, église, loisirs, commerciale
		10^{-1}	Autres
D3 défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-1}	Risque d'explosion
		10^{-2}	Hôpitaux, industries, bureaux, hôtels, commerciale
		10^{-3}	Musées, agricoles, écoles, églises, loisirs
		10^{-4}	Autres

NOTE 1 Dans le cas d'une structure avec risque d'explosion, les valeurs de L_F et L_O peuvent nécessiter de réaliser une évaluation plus détaillée, tenant compte du type de structure, du risque d'explosion, du concept de zones dangereuses et des mesures prises pour réduire le risque.

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_{BE} et L_{VE}) pour évaluer les pertes totales (L_{BT} et L_{VT}):

$$L_{BT} = L_B + L_{BE} \quad (C.14)$$

$$L_{VT} = L_V + L_{VE}$$

où

$$L_{BE} = L_{VE} = L_{FE} \times c_e / c_t \quad (C.15)$$

L_{FE} est le pourcentage moyen des pertes économiques de tous les biens dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure ;

c_e est le coût total des biens à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure.

NOTE 2 Il convient que L_{FE} soit évalué ou fondé sur les documents des autorités de juridiction.

Il convient que les données relatives à la valeur c_a des animaux, à la valeur c_b du bâtiment, à la valeur c_c du contenu et à la valeur c_s des réseaux internes, y compris leurs activités, soient fournies au concepteur par le propriétaire de la structure.

En l'absence de telles données, les valeurs du Tableau C.Z1 et du Tableau C.Z2 sont proposées afin d'évaluer ces données.



Tableau C.Z1 – Valeurs permettant d'évaluer la valeur totale c_t

Type de structure	Valeurs de référence		Total pour c_t	
Structures non industrielles	Coût total de reconstruction (non compris la perte d'activités)	Faible	c_t par volume ($\text{€}/\text{m}^3$)	300
		Ordinaire		400
		Elevé		500
Structures industrielles	Valeur totale pour la structure, y compris le bâtiment, les installations et le contenu (y compris la perte d'activités)	Faible	c_t par employé (k€/employé)	100
		Ordinaire		300
		Elevée		500

Tableau C.Z2 – Pourcentages permettant d'évaluer les valeurs totales c_a , c_b , c_c , c_s

Condition	Pourcentage pour les animaux c_a / c_t	Pourcentage pour le bâtiment c_b / c_t	Pourcentage pour le contenu c_c / c_t	Pourcentage pour les réseaux internes c_s / c_t	Total pour tous les biens $(c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t$
Sans animaux	0	75 %	10 %	15 %	100 %
Avec animaux	10 %	70 %	5 %	15 %	100 %

Si les données issues du Tableau C.Z1 ou du Tableau C.Z2 sont utilisées, il convient de réaliser les étapes suivantes:

1. Déterminer la valeur totale c_t en € pour l'ensemble de la structure à partir du Tableau C.Z1
2. Déterminer les valeurs totales c_a , c_b , c_c et c_s pour l'ensemble de la structure à partir du Tableau C.Z2
3. En cas de plusieurs zones, sous-diviser les valeurs totales de c_a , c_b , c_c et c_s en fractions valables pour chaque zone. Le facteur de fractionnement peut être

volume de la zone / volume total pour les structures non industrielles,

employés dans la zone / nombre total d'employés pour les structures industrielles.

NOTE Z1 Les valeurs moyennes types des coûts données dans le Tableau C.Z1 et dans le Tableau C.Z2 sont des valeurs purement proposées par le CENELEC. D'autres valeurs peuvent être attribuées par chaque comité national ou à la suite d'une étude plus approfondie.

Annexe D (informative)

Evaluation des coûts des pertes

Le coût des pertes C_{LZ} dans une zone peut être calculé par la formule suivante :

$$C_{LZ} = R_{4Z} \times c_t \quad (D.1)$$

où

R_{4Z} est le risque associé aux pertes de valeurs dans la zone, sans mesures de protection ;

c_t est le coût total de la structure (animaux, bâtiment, contenu et réseaux internes, y compris leurs activités en monnaie).

Le coût des pertes totales C_L dans la structure peut être calculé par la formule suivante :

$$C_L = \sum C_{LZ} = R_4 \times c_t \quad (D.2)$$

où

$R_4 = \sum R_{4Z}$ est le risque associé aux pertes de valeur, sans mesures de protection.

Le coût C_{RLZ} des pertes résiduelles dans une zone malgré les mesures de protection peut être calculé par la formule :

$$C_{RLZ} = R'_{4Z} \times c_t \quad (D.3)$$

où

R'_{4Z} est le risque associé aux pertes de valeurs dans la zone, avec mesures de protection.

Le coût total C_{RL} des pertes résiduelles dans la structure malgré les mesures de protection peut être calculé par la formule :

$$C_{RL} = \sum C_{RLZ} = R'_4 \times c_t \quad (D.4)$$

où

$R'_4 = \sum R'_{4Z}$ est le risque associé aux pertes de valeurs dans la structure, avec mesures de protection.

Le coût annuel C_{PM} des mesures de protection peut être calculé par la formule :

$$C_{PM} = C_P \times (i + a + m) \quad (D.5)$$

où

C_P est le coût des mesures de protection ;

i est le taux d'intérêt ;

a est le taux d'amortissement ;

m est le coût de maintenance.

L'économie annuelle S_M en monnaie est :

$$S_M = C_L - (C_{PM} + C_{RL}) \quad (D.6)$$

La protection est appropriée si l'économie annuelle $S_M > 0$.

Annexe E (informative)

Etude de cas de structures

E.1 Généralités

Dans cette annexe E, des cas relatifs à une maison d'habitation, un bâtiment de bureaux, un hôpital et un appartement sont traités dans le but de montrer :

- la façon de calculer le risque et de s'assurer de la nécessité d'une protection ;
- la contribution des différentes composantes de risque au risque total ;
- les effets des différentes mesures de protection pour diminuer un tel risque ;
- la manière de choisir parmi différentes solutions de protection en tenant compte des impacts économiques.

NOTE Cette annexe présente des hypothèses pour tous les cas. Elle est destinée à donner des informations sur l'évaluation des risques afin d'illustrer les principes de la présente partie de l'EN 62305. Elle n'est pas destinée à traiter de toutes les conditions existantes dans divers bâtiments et réseaux.

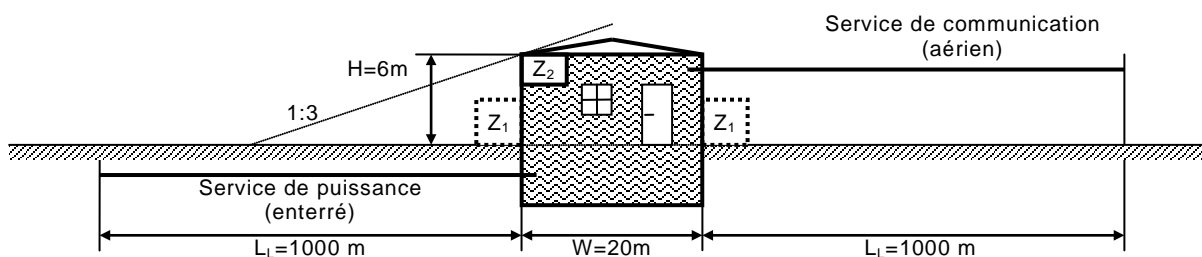
E.2 Maison rurale

La première étude de cas concerne une maison rurale (Figure E.1).

La perte de vie humaine (L1) et la perte économique (L4) sont applicables à ce type de structure.

Il est nécessaire d'évaluer le besoin de protection. Ceci implique de ne déterminer que le risque R_1 pour la perte de vie humaine (L1) avec les composantes de risque R_A , R_B , R_U et R_V (selon le Tableau 2) et de le comparer au risque tolérable $R_T = 10^{-5}$ (selon le Tableau 4). D'autres mesures de protection adaptées pour diminuer ce risque sont choisies.

Selon la décision prise par le propriétaire, une évaluation économique n'est pas nécessaire ; par conséquent le risque R_4 pour la perte économique (L4) n'est pas pris en compte.



Légende

Z₁: extérieur

Z₂: bloc chambres

Figure E.1 – Maison rurale

E.2.1 Données et caractéristiques concernées

La maison rurale est située dans une région plate sans structures environnantes. La densité de foudroiement est $N_G = 4$ impacts au km² par an. Cinq personnes vivent dans la maison. Il

s'agit également du nombre total de personnes à prendre en compte, car à l'extérieur de la maison aucune personne n'est supposée présente pendant un orage.

Les données de la maison et de son environnement sont données dans le Tableau E.1.

Les données relatives aux services entrants et à leurs réseaux internes connectés sont données pour le service de puissance dans le Tableau E.2 et pour le service de communication dans le Tableau E.3.

Tableau E.1 – Maison rurale : Caractéristiques de l'environnement et de la structure

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Densité de foudroiement (1/km ² /an)		N_G	4,0	
Dimensions de la structure (m)		L, W, H	15,20, 6	
Facteur d'emplacement de la structure	Structure isolée	C_D	1	Tableau A.1
SPF	Aucun	P_B	1	Tableau B.2
Liaison équipotentielle	Aucun	P_{EB}	1	Tableau B.7
Écran spatial extérieur	Aucun	K_{S1}	1	Formule (B.5)

Tableau E.2 – Maison rurale : Service de puissance

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m) ^a		L_L	1000	
Facteur d'installation	Enterré	C_i	0,5	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service BT	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Rural	C_E	1	Tableau A.4
Écran de service	Non blindé	R_S	-	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Aucun	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	1	
Structure adjacente	Aucun	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure	Aucun	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	2,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,4	Formule (B.7)
		P_{LD}	1	Tableau B.8
		P_{LI}	0,3	Tableau B.9

^a Correspondant à la longueur L_L de la section de service inconnue, on suppose que $L_L = 1000$ m (A.4 et A.5)



Tableau E.3 – Maison rurale : Service de communication

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m) ^a		L_L	1000 m	
Facteur d'installation	Aérien	C_i	1	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service de communication	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Rural	C_E	1	Tableau A.4
Écran de service	Non blindé	R_S	-	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Aucun	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	1	
Structure adjacente	Aucun	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure	Structure isolée	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	1,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,67	Formule (B.7)
		P_{LD}	1	Tableau B.8
		P_{LI}	0,5	Tableau B.9

^a Correspondant à la longueur L_L de la section de service inconnue, on suppose que $L_L = 1000$ m (A.4 et A.5)

E.2.2 Définition des zones dans la maison rurale

Les zones principales suivantes peuvent être définies :

- Z_1 (à l'extérieur du bâtiment) ;
- Z_2 (à l'intérieur du bâtiment).

Pour la zone Z_1 il est supposé que personne ne se tient à l'extérieur du bâtiment. Par conséquent le risque d'impact sur les personnes $R_A = 0$. Du fait que R_A constitue la seule composante de risque à l'extérieur du bâtiment, la zone Z_1 peut être totalement omise.

À l'intérieur du bâtiment, seule une zone Z_2 est définie, en tenant compte des éléments suivants :

- les deux réseaux internes (de puissance et de communication) couvrent tout le bâtiment ;
- il n'y a pas de blindages spatiaux ;
- la structure constitue un compartiment unique à l'épreuve du feu ;
- les pertes sont supposées être constantes dans tout le bâtiment et correspondre aux valeurs moyennes types du Tableau C.1.

Les facteurs résultants valables pour la zone Z_2 sont indiqués dans le Tableau E.4.

Tableau E.4 – Maison rurale : Facteurs valables pour la zone Z₂ (à l'intérieur du bâtiment)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		aucun	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		aucun	P_{TU}	1	Tableau B.6
Risque d'incendie		Faible	r_f	10^{-3}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		Aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
Communi- cation	Câblage interne	Non blindé (boucles de grande taille > 10 m ²)	K_{S3}	1	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : aucun	h_z	1	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	10^{-1}	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	-	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \times t_z/8\,760 = 5/5 \times 8\,760/8\,760$	-	1	
		Paramètres résultants	L_A	10^{-7}	Formule C.1
			L_U	10^{-7}	Formule C.2
			L_B	10^{-4}	Formule C.3
			L_V	10^{-4}	Formule C.3

E.2.3 Calcul des grandeurs correspondantes

Les calculs des surfaces équivalentes d'exposition sont présentés au Tableau E.5 et les nombres prévisibles d'événements dangereux sont donnés au Tableau E.6.

Tableau E.5 – Maison rurale : Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des services

	Symbole	Résultat m ²	Référence Formule	Formule
Structure	A_D	$2,58 \times 10^3$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	-	(A.7)	Non applicable
Service de puissance	$A_{L/P}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P} = 4\,000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	0	(A.2)	Pas de structure adjacente ^a
Service de communication	$A_{L/T}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/T} = 4\,000 \times L_L$
	$A_{DJ/T}$	0	(A.2)	Pas de structure adjacente ^a

Tableau E.6 – Maison rurale : Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

	Symbole	Résultat 1/an	Référence Formule	Formule
Structure	N_D	$1,03 \times 10^{-2}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	-	(A.6)	Non applicable
Service de puissance	$N_{L/P}$	$8,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	8,00	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	Pas de structure adjacente
Service de communication	$N_{L/T}$	$1,60 \times 10^{-1}$	(A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	16	(A.10)	$N_{I/T} = N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/T}$	0	(A.5)	Pas de structure adjacente

E.2.4 Risque R_1 - Décision relative au besoin de protection

Le risque R_1 peut être exprimé selon la formule (1) par la somme suivante des composantes :

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U/P} + R_{V/P} + R_{U/T} + R_{V/T}$$

Les composantes de risque doivent être évaluées conformément au Tableau 6.

Les composantes impliquées et l'évaluation du risque total sont données au Tableau E.7

Tableau E.7 – Maison rurale : Risque R_1 pour la structure non protégée (valeurs $\times 10^{-5}$)

	Symbole	Z_1	Z_2	Structure
D1 Blessure	R_A	-	≈ 0	≈ 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		0,002	0,002
D2 Dommages physiques	R_B		0,103	0,103
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		2,40	2,40
Total		-	2,51	$R_1 = 2,51$
Tolérable		$R_1 > R_T$: Besoin de protection contre la foudre		$R_T = 1$

Du fait que $R_1 = 2,51 \times 10^{-5}$ est supérieur à la valeur tolérable $R_T = 10^{-5}$, une protection contre la foudre de la structure est exigée.

E.2.5 Risque R_1 - Choix des mesures de protection

D'après le Tableau E.7, les principales contributions à la valeur de risque sont données par :

- composante R_V (coup de foudre sur les services) pour 96 %;
- composante R_B (coup de foudre sur la structure) pour 4 %.

Pour réduire le risque R_1 à une valeur tolérable, il convient de tenir compte des mesures de protection influençant les composantes R_V et R_B . Les mesures appropriées sont les suivantes :

- installation de parafoudres de niveau de protection IV au point d'entrée (liaison équipotentielle de foudre) pour protéger le bâtiment du service de puissance et du service téléphonique qui, d'après le Tableau B.7 réduit les valeurs de P_{EB} (en raison du parafoudre sur les services connectés) de 1 à 0,05 et les valeurs de P_U et P_V par le même facteur ;

- b) installation d'un SPF de type IV (obligatoire, y compris la liaison équipotentielle de foudre) qui, d'après les Tableaux B.2 et B.7 réduit la valeur de P_B de 1 à 0,2 et la valeur de P_{EB} (en raison de la présence du parafoudre sur les services connectés) de 1 à 0,05 et les valeurs de P_U et P_V par le même facteur.

En utilisant de manière adéquate ces valeurs dans les formules, on obtient de nouvelles valeurs de composantes de risque comme indiqué au Tableau E.8.

Tableau E.8 – Maison rurale : Valeurs des composantes de risque relatives au risque R_1 pour la structure protégée

Type de dommage	Symbole	Résultat du cas a) $\times(10^{-5})$	Résultat du cas b) $\times(10^{-5})$
D1 blessure due au choc	R_A	≈ 0	≈ 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	≈ 0	≈ 0
D2 dommages physiques	R_B	0,103	0,021
	R_V	0,120	0,120
Total	R_1	0,223	0,141

La solution à adopter dépend du meilleur compromis entre les aspects techniques et économiques.

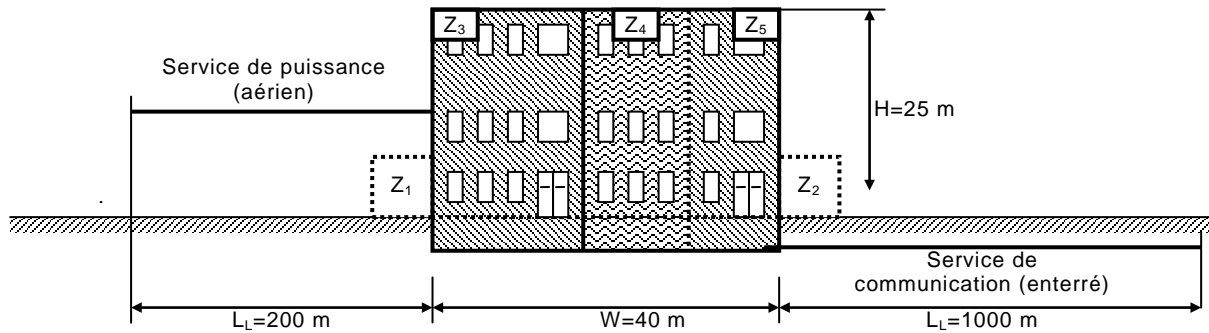
E.3 Bâtiment de bureaux

La deuxième étude de cas concerne un immeuble de bureaux comportant des archives, des bureaux et un centre informatique (Figure B.2).

La perte de vie humaine (L1) et la perte économique (L4) sont applicables à ce type de structure.

Il est nécessaire d'évaluer le besoin de protection. Ceci implique de ne déterminer que le risque R_1 pour la perte de vie humaine (L1) avec les composantes de risque R_A , R_B , R_U et R_V (selon le Tableau 2) et de le comparer au risque tolérable $R_T = 10^{-5}$ (selon le Tableau 4). Les mesures de protection appropriées pour diminuer ce risque sont choisies égales ou inférieures au risque tolérable.

Selon la décision prise par le propriétaire, une évaluation économique n'est pas nécessaire ; par conséquent le risque R_4 pour la perte économique (L4) n'est pas pris en compte.



Légende

- Z₁: entrée (extérieur)
- Z₂: jardin (intérieur)
- Z₃: archives
- Z₄: bureaux
- Z₅: centre informatique

Figure E.2 – Bâtiment de bureaux

E.3.1 Données et caractéristiques concernées

Le bâtiment de bureaux est situé dans une région plate sans structures environnantes. La densité de foudroiement est $N_G = 4$ impacts au km^2 par an.

Les données relatives au bâtiment et à son environnement sont données dans le Tableau E.9.

Les données relatives aux services entrants et à leurs réseaux internes connectés sont données pour le service de puissance dans le Tableau E.10 et pour le service de communication dans le Tableau E.11.

Tableau E.9 – Bâtiment de bureaux : Caractéristiques de l'environnement et de la structure

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Densité de foudroiement ($1/\text{km}^2/\text{an}$)		N_G	4,0	
Dimensions de la structure (m)		L, W, H	20, 40, 25	
Facteur d'emplacement de la structure	Structure isolée	C_D	1	Tableau A.1
SPF	Aucun	P_B	1	Tableau B.2
Liaison équipotentielle	Aucun	P_{EB}	1	Tableau B.7
Écran spatial extérieur	Aucun	K_{S1}	1	Formule (B.5)

Tableau E.10 – Bâtiment de bureaux : Service de puissance

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m)		L_L	200	
Facteur d'installation	Aérien	C_i	1	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service BT	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Rural	C_E	1	Tableau A.4
Écran de service (V/km)	Non blindé	R_S	-	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Aucun	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	1	
Structure adjacente	Aucun	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure adjacente	Aucun	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	2,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,4	Formule (B.7)
		P_{LD}	1	Tableau B.8
		P_{LI}	0,3	Tableau B.9

Tableau E.11 – Bâtiment de bureaux : Service de communication

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m)		L_L	1000	
Facteur d'installation	Enterré	C_i	0,5	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service de communication	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Rural	C_E	1	Tableau A.4
Écran de service (V/km)	Non blindé	R_S	-	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Aucun	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	1	
Structure adjacente	Aucun	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure adjacente	Aucun	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	1,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,67	Formule (B.7)
		P_{LD}	1	Tableau B.8
		P_{LI}	0,5	Tableau B.9

E.3.2 Définition des zones dans le bâtiment de bureaux

Les zones suivantes sont définies :

- Z_1 (zone d'entrée à l'extérieur)
- Z_2 (jardin)
- Z_3 (archives)
- Z_4 (bureaux)
- Z_5 (centre informatique)

en tenant compte des éléments suivants :

- le type de surface est différent dans la zone d'entrée extérieure, dans le jardin et à l'intérieur de la structure ;
- la structure est divisée en deux compartiments isolés à l'épreuve du feu : l'un pour les archives (Z_3) et l'autre pour les bureaux et le centre informatique (Z_4 et Z_5) ;
- dans toutes les zones intérieures Z_3 , Z_4 et Z_5 , des réseaux internes sont connectés aux services de puissance et de communication ;
- il n'y a pas de blindages spatiaux.

Dans les différentes zones à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment de bureaux, un nombre total de 200 personnes doit être pris en compte.

Le nombre de personnes associé à chaque zone est différent. La distribution dans les zones individuelles est indiquée dans le Tableau E.12. Ces valeurs sont ensuite utilisées pour subdiviser les valeurs des pertes totales en fractions pour chaque zone.

Tableau E.12 – Bâtiment de bureaux : Distribution des personnes dans les zones

Zone	Nombre de personnes	Durée de présence
Z_1 (entrée à l'extérieur)	4	8 760
Z_2 (jardin à l'extérieur)	2	8 760
Z_3 (archives)	20	8 760
Z_4 (bureaux)	160	8 760
Z_5 (centre informatique)	14	8 760
Total	$n_t = 200$	-

Selon l'estimation des mesures de protection par le concepteur, les valeurs moyennes types de pertes relatives annuelles sont pour le risque R_1 (voir le Tableau C.1) pour l'ensemble de la structure :

- $L_T = 10^{-2}$ (à l'extérieur de la structure),
- $L_T = 10^{-2}$ (à l'intérieur de la structure),
- $L_F = 0,02$ Classé comme "bâtiment commercial"

Ces valeurs globales sont réduites pour chaque zone en tenant compte du nombre de personnes potentiellement en danger dans la zone individuelle par rapport au nombre total de personnes considérées.

Les caractéristiques résultantes des zones Z_1 à Z_5 sont données dans les Tableaux E.13 à E.17.

Tableau E.13 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_1 (zone d'entrée à l'extérieur)

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de sol	Marbre	r_t	10^{-3}	Tableau C.3
Protection contre les chocs	Aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Risque d'incendie	Aucun	r_f	0	Tableau C.5
Protection contre l'incendie	Aucun	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne	Aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
L1 : Perte de vie humaine	Danger particulier : Aucun	h_z	1	Tableau C.6
	D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
	D2: due aux dommages physiques	L_F	-	
	D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	-	
Facteur relatif aux personnes en danger	$n_z/n_t \times t_z/8\,760 = 4/200 \times 8\,760/8\,760$	-	0,02	

Tableau E.14 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z_2 (jardin)

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de sol	Herbe	r_t	10^{-2}	Tableau C.3
Protection contre les chocs	Clôture	P_{TA}	0	Tableau B.1
Risque d'incendie	Aucun	r_f	0	Tableau C.5
Protection contre l'incendie	Aucun	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne	Aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
L1 : Perte de vie humaine	Danger particulier : Aucun	h_z	1	Tableau C.5
	D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
	D2: due aux dommages physiques	L_F	-	
	D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	-	
Facteur relatif aux personnes en danger	$n_z/n_t \times t_z/8\,760 = 2/200 \times 8\,760/8\,760$	-	0,01	



Tableau E.15 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z₃ (archives)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		aucune	P_{TU}	1	Tableau B.6
Risque d'incendie		élevé	r_f	10^{-1}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{parafoudre}$	1	Tableau B.3
Communi- cation	Câblage interne	Non blindé (boucles de grande taille > 10 m ²)	K_{S3}	1	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{parafoudre}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : faible panique	h_z	2	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	0,02	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	-	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 = 20/200 \cdot 8\ 760/8\ 760$	-	0,10	

Tableau E.16 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z₄ (bureaux)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		aucune	P_{TU}	1	Tableau B.6
Risque d'incendie		faible	r_f	10^{-3}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{parafoudre}$	1	Tableau B.3
Communi- cation	Câblage interne	Non blindé (boucles de grande taille > 10 m ²)	K_{S3}	1	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{parafoudre}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : faible panique	h_z	2	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	0,02	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	-	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 = 160/200 \cdot 8\ 760/8\ 760$	-	0,80	

Tableau E.17 – Bâtiment de bureaux : Facteurs valables pour la zone Z₅ (centre informatique)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		aucune	P_{TU}	1	Tableau B.6
Risque d'incendie		faible	r_f	10^{-3}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{parafoudre}$	1	Tableau B.3
Communi- cation	Câblage interne	Non blindé (boucles de grande taille > 10 m ²)	K_{S3}	1	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{parafoudre}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : faible panique	h_z	2	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	0,02	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	-	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 = 14/200 \times 8\ 760/8\ 760$	-	0,07	

E.3.3 Calcul des grandeurs correspondantes

Les calculs des surfaces équivalentes d'exposition sont présentés au Tableau E.18, les calculs des nombres prévisibles d'événements dangereux sont donnés au Tableau E.19.

Tableau E.18 – Bâtiment de bureaux : Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des services

	Symbole	Résultat m ²	Référence Formule	Formule
Structure	A_D	$2,75 \times 10^4$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	-	(A.7)	Non applicable
Service de puissance	$A_{L/P}$	$8,00 \times 10^3$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$8,00 \times 10^5$	(A.11)	Non applicable
	$A_{DA/P}$	0	(A.2)	Pas de structure adjacente
Service de communication	$A_{L/T}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	Non applicable
	$A_{DA/T}$	0	(A.2)	Pas de structure adjacente

Tableau E.19 – Bâtiment de bureaux : Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

	Symbole	Résultat 1/an	Référence Formule	Formule
Structure	N_D	$1,11 \times 10^{-1}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	-	(A.6)	Non applicable
Service de puissance	$N_{L/P}$	$3,20 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	3,20	(A.10)	Non applicable
	$N_{DA/P}$	0	(A.5)	Pas de structure adjacente
Service de communication	$N_{L/T}$	$8,00 \times 10^{-2}$	A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	8,00	A.10)	Non applicable
	$N_{DA/T}$	0	A.5)	Pas de structure adjacente

E.3.4 Risque R_1 - Décision relative au besoin de protection

Les valeurs des composantes de risque pour la structure non protégée sont indiquées dans le Tableau E.20.

Tableau E.20 – Bâtiment de bureaux : Risque R_1 pour la structure non protégée (valeurs $\times 10^{-5}$)

	Symbole	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Structure
D1 Blessure	R_A	0,002	0	≈ 0	0,001	≈ 0	0,003
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$			≈ 0	0,001	≈ 0	0,001
D2 Dommages physiques	R_B			4,395	0,352	0,031	4,778
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$			4,480	0,358	0,031	4,870
Total		0,002	0	8,876	0,712	0,062	$R_1 = 9,65$
Tolérable		$R_1 > R_T$: Besoin de protection contre la foudre					$R_T = 1$

Du fait que $R_1 = 9,65 \times 10^{-5}$ est supérieur à la valeur tolérable $R_T = 10^{-5}$, une protection contre la foudre de la structure est exigée.

E.3.5 Risque R_1 - Choix des mesures de protection

Le risque R_1 dans la structure concerne principalement la zone Z_3 en raison des dommages physiques dus aux impacts de foudre sur la structure ou les services connectés (composantes $R_B \approx 49\%$ et $R_V \approx 50\%$ avec couverture de 99 % du risque total) (voir Tableau E.20).

Ces composantes de risque prédominantes peuvent être réduites par les mesures suivantes :

- protéger tout le bâtiment avec un SPF conforme à l'EN 62305-3 pour réduire la composante R_B par la probabilité P_B . La réalisation obligatoire de la liaison équipotentielle de foudre à l'entrée réduit également les composantes R_U et R_V par la probabilité P_{EB} ;
- équiper la zone Z_3 (archives) de mesures de protection pour réduire les conséquences du feu (par exemple extincteurs, système automatique de détection incendie, etc.). Ceci permet de réduire les composantes R_B et R_V par le facteur de réduction r_p ;
- assurer la liaison équipotentielle de foudre conforme à l'EN 62305-3 à l'entrée du bâtiment. Ceci ne réduit que les composantes R_U et R_V par la probabilité P_{EB} .

En associant les différents éléments de ces mesures de protection, les solutions suivantes peuvent être adoptées :

Solution a)

- Protection du bâtiment avec un SPF de classe III conforme à l'EN 62305-3, pour réduire la composante R_B ($P_B = 0,1$).
- Ce SPF comprend la liaison équipotentielle de foudre obligatoire à l'entrée avec des parafoudres désignés pour le NPF III ($P_{EB} = 0,05$) et réduit les composantes R_U et R_V .

Solution b)

- Protection du bâtiment avec un SPF de classe IV conforme à l'EN 62305-3, pour réduire la composante R_B ($P_B = 0,2$).
- Ce SPF comprend la liaison équipotentielle de foudre obligatoire à l'entrée avec des parafoudres désignés pour le NPF IV ($P_{EB} = 0,05$) et réduit les composantes R_U et R_V .
- Utilisation de systèmes d'extinction (ou de détection) d'incendie pour réduire les composantes R_B et R_V . Installation d'un système manuel dans la zone Z_3 (archives) ($r_p = 0,5$).

Pour les deux solutions, les valeurs de risque du Tableau E.20 changeront pour conduire aux valeurs réduites indiquées dans le Tableau E.21.

Tableau E.21 – Bâtiment de bureaux : Risque R_1 pour la structure protégée
(valeurs $\times 10^{-5}$)

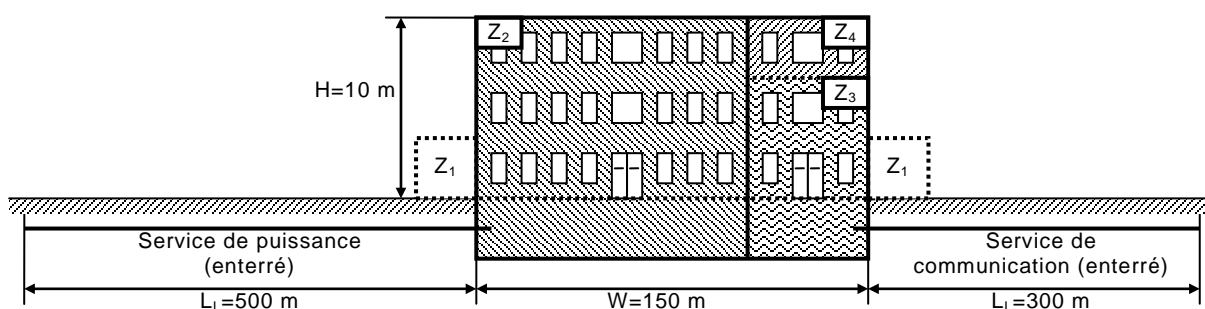
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Total	Tolérable	Résultat
Solution a)	≈ 0	0	0,664	0,053	0,005	$R_1 = 0,722$	$R_T = 1$	$R_1 \leq R_T$
Solution b)	≈ 0	0	0,552	0,089	0,008	$R_1 = 0,648$	$R_T = 1$	$R_1 \leq R_T$

Les deux solutions réduisent le risque en dessous de la valeur tolérable. La solution à adopter dépend du meilleur compromis entre les aspects techniques et économiques.

E.4 Hôpital

Une étude de cas plus complexe concerne un établissement hospitalier normal qui comprend un bloc chambres, un bloc opératoire et une unité de soins intensifs.

Les pertes humaines ($L1$) et les pertes économiques ($L4$) peuvent affecter ce type de structure. Il est nécessaire d'évaluer le besoin de protection et les impacts économiques des mesures de protection, si bien que les risques R_1 et R_4 doivent être évalués.



Légende

- Z_1 : extérieur
- Z_2 : bloc chambres
- Z_3 : bloc opératoire
- Z_4 : unité de soins intensifs

Figure E.3 - Hôpital



E.4.1 Données et caractéristiques concernées

L'hôpital est situé dans une région plate sans structures environnantes. La densité de foudroiement est $N_G = 4$ impacts au km^2 par an.

Les données relatives au bâtiment et à son environnement sont données dans le Tableau E.22.

Les données relatives aux services entrants et à leurs réseaux internes connectés sont données pour le service de puissance dans le Tableau E.23 et pour le service de communication dans le Tableau E.24.

Tableau E.22 – Hôpital : Caractéristiques de l'environnement et de la structure totale

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Densité de foudroiement ($1/\text{km}^2/\text{an}$)		N_G	4,0	
Dimensions de la structure (m)		L, W, H	50, 150, 10	
Facteur d'emplacement de la structure	Structure isolée	C_D	1	Tableau A.1
SPF	Aucun	P_B	1	Tableau B.2
Liaison équipotentielle	Aucune	P_{EB}	1	Tableau B.7
Écran spatial extérieur	Aucun	K_{S1}	1	Formule (B.5)

Tableau E.23 – Hôpital : Service de puissance

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m)		L_L	500	
Facteur d'installation	Enterré	C_i	0,5	Tableau A.2
Facteur de type de service	De puissance HT (avec transformateur HT/BT)	C_T	0,2	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Suburbain	C_E	0,5	Tableau A.4
Écran de service (Ω/km)	Écran de service relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté.	R_S	$R_S \leq 1$	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Écran de service relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté.	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	0	
Structure adjacente (m)	Aucune	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure adjacente	Aucun	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	2,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,4	Formule (B.7)
		P_{LD}	0,2	Tableau B.8
		P_{LI}	0,3	Tableau B.9

Tableau E.24 – Hôpital : Service de communication

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m)		L_L	300	
Facteur d'installation	Enterré	C_i	0,5	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service de communication	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Suburbain	C_E	0,5	Tableau A.4
Écran de service Q/km	Écran de service relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté.	R_S	$1 < R_S \leq 5$	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Écran de service relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté.	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	0	
Structure adjacente (m)	Longueur, largeur, hauteur	L_J, W_J, H_J	20, 30, 5	
Facteur d'emplacement de la structure adjacente	Structure isolée	C_{DJ}	1	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	1,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,67	Formule (B.7)
		P_{LD}	0,8	Tableau B.8
		P_{LI}	0,5	Tableau B.9

E.4.2 Définition des zones de l'hôpital

Les zones suivantes sont définies :

- Z_1 (à l'extérieur du bâtiment)
- Z_2 (bloc chambres)
- Z_3 (bloc opératoire)
- Z_4 (unité de soins intensifs).

en tenant compte des éléments suivants :

- le type de surface est différent à l'extérieur et à l'intérieur de la structure ;
- deux compartiments isolés à l'épreuve du feu existent : un pour le bloc chambres (Z_2) et l'autre pour le bloc opératoire et l'unité de soins intensifs (Z_3 et Z_4) ;
- dans toutes les zones intérieures Z_2 , Z_3 et Z_4 , des réseaux internes sont connectés aux services de puissance et de communication ;
- il n'y a pas de blindages spatiaux ;
- l'unité de soins intensifs contient de nombreux réseaux de communication sensibles et un écran spatial peut être adopté comme mesure de protection ;

Dans les différentes zones à l'intérieur et à l'extérieur de l'hôpital, un nombre total de 1000 personnes doit être pris en compte.

Le nombre de personnes, la durée de présence et les valeurs économiques associés à chaque zone sont différents. La distribution dans les zones individuelles et les valeurs totales sont indiquées dans le Tableau E.25. Ces valeurs sont ensuite utilisées pour subdiviser les valeurs des pertes totales en fractions pour chaque zone.

Tableau E.25 – Hôpital : Distribution des personnes et valeurs économiques dans les zones

Zone	Nombre de personnes	Durée de présence (h/a)	Valeurs économiques en \$ x 10 ⁶				
			Animaux c_a	Bâtiment c_b	Contenu c_c	Réseaux internes c_s	Total c_t
Z ₁ (à l'extérieur du bâtiment)	10	8 760	-	-	-	-	-
Z ₂ (bloc chambres)	950	8 760	-	70	6	3,5	79,5
Z ₃ (bloc opératoire)	35	8 760	-	2	0,9	5,5	8,4
Z ₄ (unité de soins intensifs)	5	8 760	-	1	0,1	1,0	2,1
Total	$n_t = 1000$	-	0	73	7	10	90,0

Pour le risque R_1 , selon l'évaluation des mesures de protection contre la foudre par le concepteur, les valeurs de pertes types (valeurs moyennes types des pertes relatives annuelles) selon le Tableau C.2 et le facteur croissant pour les dangers particuliers selon le Tableau C.6 sont :

- $L_T = 10^{-2}$ dans la zone Z₁ à l'extérieur de la structure,
- $L_T = 10^{-2}$ dans les zones Z₂, Z₃, Z₄ à l'intérieur de la structure,
- $L_F = 10^{-1}$ dans les zones Z₂, Z₃, Z₄ à l'intérieur de la structure
- $h_z = 5$ dans les zones Z₂, Z₃, Z₄ à l'intérieur de la structure du fait de la difficulté d'évacuation
- $L_O = 10^{-3}$ dans la zone Z₂ (bloc chambres)
- $L_O = 10^{-2}$ dans la zone Z₃ (bloc opératoire) et la zone Z₄ (unité de soins intensifs)

Ces valeurs de pertes types ont été réduites pour chaque zone selon les formules (C.1) à (C.4) en tenant compte du nombre de personnes mises en danger dans la zone individuelle par rapport au nombre total de personnes considérées et la durée de leur présence.

Pour le risque R_4 , les valeurs de pertes types selon le Tableau C.12 sont :

- $L_T = 0$ pas d'animaux mis en danger
- $L_F = 0,5$ dans les zones Z₂, Z₃, Z₄ à l'intérieur de la structure
- $L_O = 10^{-2}$ dans les zones Z₂, Z₃, Z₄ à l'intérieur de la structure

Ces valeurs de pertes types ont été réduites pour chaque zone selon les formules (C.11) à (C.13) en tenant compte de la valeur mise en danger dans la zone individuelle par rapport au coût total de la structure considéré (animaux, bâtiment, contenu, réseaux internes et activités). La valeur mise en danger dans une zone individuelle dépend du type de dommage :

- D1 (blessure par choc électrique) : coût c_a des animaux uniquement
- D2 (dommages physiques) : somme de tous les coûts $c_a + c_b + c_c + c_s$
- D3 (défaillance du réseau interne) : coût c_s des réseaux internes et de leurs activités uniquement

Les caractéristiques résultantes des zones Z₁ à Z₄ sont données dans les Tableaux E.26 à E.29.

Tableau E.26 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z₁ (à l'extérieur du bâtiment)

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de sol	Béton	r_t	10^{-2}	Tableau C.3
Protection contre les chocs	Aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Risque d'incendie	Aucun	r_f	0	Tableau C.5
Protection contre l'incendie	Aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne	Aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
L1 : Perte de vie humaine	Danger particulier : Aucun	h_z	1	Tableau C.5
	D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
	D2: due aux dommages physiques	L_F	0	
	D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	0	
Facteur relatif aux personnes en danger	$n_z/n_t \cdot t_z/8\,760 = 10/1\,000 \cdot x\,8\,760/8\,760$	-	0,01	

Tableau E.27 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z₂ (bloc chambres)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		Aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		Aucune	P_{TU}	1	Tableau B.9
Risque d'incendie		Ordinaire	r_f	10^{-2}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		Aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		Aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
Communication	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même câble)	K_{S3}	0,01	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : difficulté d'évacuation	h_z	5	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	10^{-1}	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-3}	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \cdot t_z/8\,760 = 950/1\,000 \cdot x\,8\,760/8\,760$	-	0,95	
L4 : Perte économique		D2: due aux dommages physiques	L_t	0,5	Tableau C.12
		D2: Facteur $(c_a + c_b + c_c + c_s)/c_t = 79,5 / 90$	-	0,883	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-2}	
		D3: Facteur $c_s / c_t = 3,5 / 90$	-	0,039	



Tableau E.28 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z₃ (bloc opératoire)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		Aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		Aucune	P_{TU}	1	Tableau B.9
Risque d'incendie		faible	r_f	10^{-3}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Service de puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
Service de communication	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même câble)	K_{S3}	0,01	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : difficulté d'évacuation	h_z	5	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	10^{-1}	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-2}	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \cdot x \cdot t_z/8\,760 = 35/1\,000 \cdot x \cdot 8\,760/8\,760$	-	0,035	
L4 : Perte économique		D2: due aux dommages physiques	L_F	0,5	Tableau C.12
		D2: Facteur $(c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t = 8,4 / 90$	-	0,093	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-2}	
		D3: Facteur $c_s / c_t = 5,5 / 90$	-	0,061	

Tableau E.29 – Hôpital : Facteurs valables pour la zone Z₄ (unité de soins intensifs)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Linoléum	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		Aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		Aucune	P_{TU}	1	Tableau B.9
Risque d'incendie		faible	r_f	10^{-3}	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		aucune	r_p	1	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Service de puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
Service de communication	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même câble)	K_{S3}	0,01	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : difficulté d'évacuation	h_z	5	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	10^{-1}	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-2}	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \times t_z/8\,760 = 5/1\,000 \times 8\,760/8\,760$	-	0,005	
L4 : Perte économique		D2: due aux dommages physiques	L_F	0,5	Tableau C.12
		D2: Facteur $(c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t = 2,1 / 90$	-	0,023	
		D3: due aux défaillances de réseaux internes	L_O	10^{-2}	
		D3: Facteur $c_s / c_t = 1,0 / 90$	-	0,011	

E.4.3 Calcul des grandeurs correspondantes

Les calculs sont donnés dans le Tableau E.30 pour les surfaces équivalentes d'exposition et dans le Tableau E.31 pour le nombre prévisible d'événements dangereux.

Tableau E.30 – Hôpital : Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des services

	Symbole	Résultat m ²	Référence Formule	Formule
Structure	A_D	$2,23 \times 10^4$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	$9,85 \times 10^5$	(A.7)	$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$
Service de puissance	$A_{L/P}$	$2,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$2,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P} = 4\,000 \times L_L$
	A_{DJP}	0	(A.2)	$A_{DJP} = L_J \times W_J + 2 \times (3 \times H_J) \times (L_J + W_J) + \pi \times (3 \times H_J)^2$
Service de communication	$A_{L/T}$	$1,20 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$1,20 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P} = 4\,000 \times L_L$
	$A_{DJ/T}$	$2,81 \times 10^3$	(A.2)	$A_{DJ/T} = L_J \times W_J + 2 \times (3H_J) \times (L_J + W_J) + \pi \times (3H_J)^2$



Tableau E.31 – Hôpital : Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

	Symbole	Résultat 1/an	Référence Formule	Formule
Structure	N_D	$8,93 \times 10^{-2}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_{D/B} \times C_{D/B} \times 10^{-6}$
	N_M	3,94	(A.6)	$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$
Service de puissance	$N_{L/P}$	$4,00 \times 10^{-3}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	$4,00 \times 10^{-1}$	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	Pas de structure adjacente
Service de communication	$N_{L/T}$	$1,20 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	1,20	(A.10)	$N_{I/T} = N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/T}$	$1,12 \times 10^{-2}$	(A.5)	$N_{DJ/T} = N_G \times A_{DJ/T} \times C_{DJ/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$

E.4.4 Risque R_1 - Décision relative au besoin de protection

Les valeurs des probabilités P_x sont données dans le Tableau E.32 et les composantes de risque pour la structure non protégée sont indiquées dans le Tableau E.33.

Tableau E.32 – Hôpital : Risque R_1 – Valeurs de la probabilité P pour la structure non protégée

Type de dommage	Symbole	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Référence Formule	Formule
D1 Blessure due aux chocs	P_A	1		1			
	$P_{U/P}$			0,2			
	$P_{U/T}$			0,8			
D2 Dommages physiques	P_B			1			
	$P_{V/P}$			0,2			
	$P_{V/T}$			0,8			
D3 Défaillances des réseaux internes	P_C			1		(14)	$P_C = 1 - (1 - P_{C/P}) \times (1 - P_{C/T}) =$ $= 1 - (1 - 1) \times (1 - 1)$
	P_M			0,006 4		(15)	$P_M = 1 - (1 - P_{M/P}) \times (1 - P_{M/T}) =$ $= 1 - (1 - 0,006 4) \times (1 - 0,000 04)$
	$P_{W/P}$			0,2			
	$P_{W/T}$			0,8			
	$P_{Z/P}$			0			
	$P_{Z/T}$			0			

Tableau E.33 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure non protégée (valeurs $\times 10^{-5}$)

Type de dommage	Symbole	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
D1 Blessure due aux chocs	R_A	0,009	0,000 9	≈ 0	≈ 0	0,010
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
D2 Dommages physiques	R_B		42,4	0,156	0,022	42,6
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		9,21	0,034	0,005	9,245
D3 Défaillances des réseaux internes	R_C		8,484	3,126	0,447	12,057
	R_M		2,413	0,889	0,127	3,429
	$R_W = R_{W/P} + R_{W/T}$		1,841	0,678	0,097	2,616
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$					
Total		0,009	64,37	4,89	0,698	$R_1 = 69,96$
Tolérable		$R_1 > R_T$: Besoin de protection contre la foudre				$R_T = 1$

Du fait que $R_1 = 69,96 \times 10^{-5}$ est supérieur à la valeur tolérable $R_T = 10^{-5}$, une protection contre la foudre de la structure est exigée.

E.4.5 Risque R_1 - Choix des mesures de protection

Le risque R_1 est principalement influencé (voir Tableau E.33) :

- dans la zone Z_2 par les dommages physiques (composantes $R_B \approx 61$ % et $R_V \approx 13$ % du risque total) ;
- dans les zones Z_2 et Z_3 par les défaillances des réseaux internes (composantes $R_C \approx 12$ % et $R_C \approx 5$ % respectivement) du risque total.

Ces composantes de risque prédominantes peuvent être réduites par les mesures suivantes :

- protéger tout le bâtiment avec un SPF conforme à l'EN 62305-3 pour réduire la composante R_B par la probabilité P_B . La réalisation obligatoire de la liaison équipotentielle de foudre à l'entrée réduit également les composantes R_U et R_V par la probabilité P_{EB} .
- équiper la zone Z_2 de mesures de protection pour réduire les conséquences du feu (par exemple extincteurs, système automatique de détection incendie, etc.). Ceci permet de réduire les composantes R_B et R_V par le facteur de réduction r_p .
- équiper les zones Z_3 et Z_4 avec un système de protection coordonnée par parafoudres conforme à l'EN 62305-4 pour les réseaux internes de puissance et de communication. Ceci permet de réduire les composantes R_C , R_M , R_W , R_Z par la probabilité $P_{\text{parafoudre}}$.
- équiper les zones Z_3 et Z_4 avec un blindage spatial maillé approprié conforme à l'EN 62305-4. Ceci permet de réduire la composante R_M par la probabilité P_M .

En associant les différents éléments de ces mesures de protection, les solutions suivantes peuvent être adoptées :

Solution a)

- Protection du bâtiment avec un SPF de classe I ($P_B=0,02$ y compris également $P_{EB} = 0,01$).
- Installation d'une protection coordonnée par parafoudres sur les réseaux internes de puissance et de communication pour (1,5x) meilleure que NPF I ($P_{\text{parafoudre}}=0,005$) dans les zones Z_2 , Z_3 , Z_4 .
- Équipement de la zone Z_2 avec un système automatique de détection incendie ($r_p=0,2$ pour la zone Z_2 uniquement).
- Équipement des zones Z_3 et Z_4 avec un écran maillé avec $w_m = 0,5$ m.



Avec cette solution, les valeurs de risque du Tableau E.33 changeront pour conduire aux valeurs réduites indiquées dans le Tableau E.34.

Tableau E.34 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure protégée selon la solution a)
(valeurs x 10^{-5})

Type de dommage	Symbole	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
D1 Blessure due aux chocs	R_A	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
D2 Dommages physiques	R_B		0,170	0,003	≈ 0	0,173
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		0,018	≈ 0	≈ 0	0,018
D3 Défaillances des réseaux internes	R_C		0,085	0,031	0,004	0,12
	R_M		0,012	≈ 0	≈ 0	0,012
	$R_W = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,009	0,003	≈ 0	0,004
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$					
Total		≈ 0	0,294	0,038	0,005	$R_1 = 0,338$
Tolérable		$R_1 < R_T$: La structure est protégée pour ce type de perte				$R_T = 1$

Solution b)

- Protection du bâtiment avec un SPF de classe I ($P_B = 0,02$ y compris également $P_{EB} = 0,01$).
- Installation d'une protection coordonnée par parafoudres sur les réseaux internes de puissance et de communication pour (3x) meilleure que NPF I ($P_{\text{parafoudre}} = 0,001$) dans les zones Z_2 , Z_3 , Z_4 .
- Équipement de la zone Z_2 avec un système automatique de détection incendie ($r_p = 0,2$ pour la zone Z_2 uniquement).

Avec cette solution, les valeurs de risque du Tableau E.33 changeront pour conduire aux valeurs réduites indiquées dans le Tableau E.35.

Tableau E.35 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure protégée selon la solution b)
(valeurs x 10^{-5})

Type de dommage	Symbole	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
D1 Blessure due aux chocs	R_A	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
D2 Dommages physiques	R_B		0,170	0,003	0,001	0,174
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		0,018	≈ 0	≈ 0	0,018
D3 Défaillances des réseaux internes	R_C		0,017	0,006	0,001	0,024
	R_M		0,002	0,001	≈ 0	0,003
	$R_W = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,002	0,001	≈ 0	0,003
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$					
Total		≈ 0	0,209	0,011	0,002	$R_1 = 0,222$
Tolérable		$R_1 < R_T$: La structure est protégée pour ce type de perte				$R_T = 1$

Solution c)

- Protection du bâtiment avec un SPF de classe I ($P_B = 0,02$ y compris également $P_{EB}=0,01$).
- Installation d'une protection coordonnée par parafoudres sur les réseaux internes de puissance et de communication pour (2x) meilleure que NPF I ($P_{\text{parafoudre}} = 0,002$) dans les zones Z_2 , Z_3 , Z_4 .
- Équipement de la zone Z_2 avec un système automatique de détection incendie ($r_p=0,2$ pour la zone Z_2 uniquement).
- Équipement des zones Z_3 et Z_4 avec un écran maillé avec $w_m = 0,1$ m.

Avec cette solution, les valeurs de risque du Tableau E.33 changeront pour conduire aux valeurs réduites indiquées dans le Tableau E.36.

Tableau E.36 – Hôpital : Risque R_1 pour la structure protégée selon la solution c)
(valeurs $\times 10^{-5}$)

Type de dommage	Symbole	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
D1 Blessure due aux chocs	R_A	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
D2 Dommages physiques	R_B		0,170	0,003	≈ 0	0,173
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		0,018	≈ 0	≈ 0	0,018
D3 Défaillances des réseaux internes	R_C		0,034	0,012	0,002	0,048
	R_M		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
	$R_W = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,004	0,001	≈ 0	0,005
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$					
Total		≈ 0	0,226	0,016	0,002	$R_1 = 0,244$
Tolérable		$R_1 < R_T$: La structure est protégée pour ce type de perte				$R_T = 1$

Toutes les solutions réduisent le risque en dessous de la valeur tolérable. La solution à adopter dépend du meilleur compromis entre les aspects techniques et économiques.

E.4.6 Risque R_4 - Analyse de rentabilité

Pour la perte économique L_4 , le risque correspondant R_4 peut être évalué de la même manière que précédemment. Tous les paramètres requis pour l'évaluation des composantes de risque sont donnés dans les Tableaux E.22 à E.29, pour lesquelles seules les valeurs de pertes L_x pour la perte économique L_4 sont valables. Par conséquent, seules les zones Z_2 , Z_3 et Z_4 sont affectées et la zone Z_1 n'est pas prise en compte (ne peut être affectée que dans le cas de la perte d'animaux).

Les valeurs économiques (animaux, bâtiment, réseaux internes et activités) ont été données dans le Tableau E.25 pour chaque zone et au total.

A partir des valeurs de risque R_4 ou R'_4 et du coût total de la structure $c_t = 90 \times 10^6$ \$ (Tableau E.25), le coût annuel des pertes $C_L = R_4 \times c_t$ pour la structure non protégée et $C_{RL} = R'_4 \times c_t$ pour la structure protégée peut être calculé (voir formules (D.2) et (D.4)). Les résultats sont indiqués dans le Tableau E.37.

Tableau E.37 – Hôpital : Coût des pertes C_L (non protégée) et C_{RL} (protégée)

Protection	Risque R_4 (valeurs $\times 10^{-5}$)					Coût des pertes \$
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure	C_L ou C_{RL}
Non protégée	-	53,2	8,7	1,6	63,5	57 185
Solution a)	-	0,22	0,07	0,01	0,30	271
Solution b)	-	0,18	0,02	0,005	0,21	190
Solution c)	-	0,19	0,03	0,007	0,23	208

Les valeurs des taux d'intérêt, d'amortissement et du coût de maintenance relatives aux mesures de protection sont données dans le Tableau E.38.

Tableau E.38 – Hôpital : Taux relatifs aux mesures de protection

Taux	Symbole	Valeur
Intérêt	i	0,04
Amortissement	a	0,05
Maintenance	m	0,01

Une liste des coûts C_P pour les mesures de protection possibles et le coût annuel C_{PM} des mesures de protection adoptées dans la solution a), b) ou c) sont donnés dans le Tableau E.39 (voir formule (D.5)).

Tableau E.39 – Hôpital : Coûts C_P et C_{PM} des mesures de protection (valeurs en \$)

Mesure de protection	Coût C_P	Coût annuel $C_{PM} = C_P (i + a + m)$		
		Solution a)	Solution b)	Solution c)
SPF de classe I	100 000	10 000	10 000	10 000
Protection automatique contre l'incendie dans la zone Z_2	50 000	5 000	5 000	5 000
Ecran des zones Z_3 et Z_4 ($w = 0,5$ m)	100 000	10 000		
Ecran des zones Z_3 et Z_4 ($w = 0,1$ m)	110 000			11 000
Parafoudre sur le réseau de puissance (1,5 x NPF I)	20 000	2 000		
Parafoudre sur le réseau de puissance (2 x NPF I)	24 000			2 400
Parafoudre sur le réseau de puissance (3 x NPF I)	30 000		3 000	
Parafoudre sur le réseau de communication (1,5 x NPF I)	10 000	1 000		
Parafoudre sur le réseau de communication (2 x NPF I)	12 000			1 200
Parafoudre sur le réseau de communication (3 x NPF I)	15 000		1 500	
Coût annuel total C_{PM}		28 000	19 500	29 600

L'économie annuelle en monnaie S_M peut être évaluée en comparant le coût annuel des pertes C_L pour la structure non protégée avec la somme des coûts annuels des pertes résiduelles C_{RL} pour la structure protégée et le coût annuel des mesures de protection C_{PM} . Les résultats pour les solutions a), b) et c) sont donnés dans le Tableau E.40.

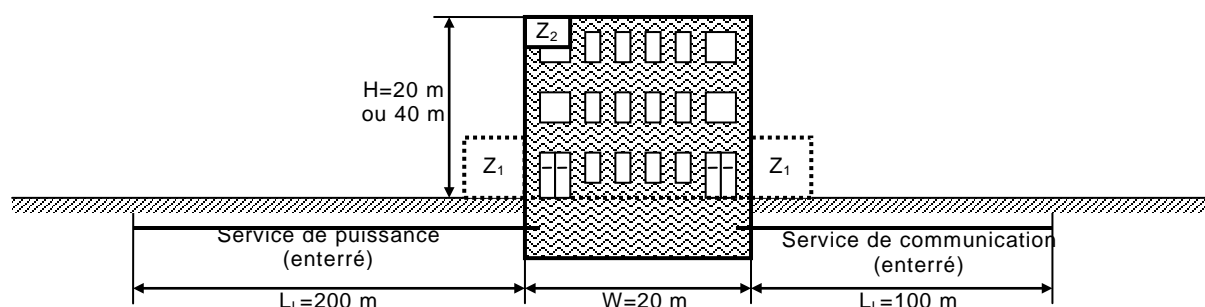
Tableau E.40 – Hôpital : Économie annuelle en monnaie (valeurs en \$)

	Symbole	Solution a)	Solution b)	Solution c)
Perte pour la structure non protégée	C_L	57 185	57 185	57 185
Perte résiduelle pour la structure protégée	C_{RL}	271	190	208
Coût annuel de la protection	C_{PM}	28 000	19 500	29 600
Économie annuelle $S_M = C_L - (C_{RL} + C_{PM})$	S_M	28 914	37 495	27 377

E.5 Immeuble d'appartements

Cette étude de cas concerne la comparaison des différentes solutions de mesures de protection contre la foudre applicables à un immeuble d'appartements. Les résultats indiquent que certaines solutions peuvent se révéler insuffisantes, tandis que plusieurs solutions appropriées peuvent être choisies sur la base de différentes combinaisons de mesures de protection.

Seul le risque R_1 pour la perte de vie humaine (L1) avec les composantes de risque R_A , R_B , R_U et R_V (selon le Tableau 2) est déterminé et comparé à la valeur tolérable $R_T = 10^{-5}$ (selon le Tableau 4). L'évaluation économique n'est pas nécessaire, par conséquent le risque R_4 pour la perte économique (L4) n'est pas pris en compte.



Légende

Z_1 : extérieur

Z_2 : intérieur

Figure E.4 – Immeuble d'appartements

E.5.1 Données et caractéristiques concernées

L'immeuble d'appartements est situé dans une région plate sans structures environnantes. La densité de foudroiement est $N_G = 4$ impacts au km^2 par an. 200 personnes vivent dans la maison. Il s'agit également du nombre total de personnes à prendre en compte, car à l'extérieur de la maison aucune personne n'est supposée présente pendant un orage.

Les données relatives à l'immeuble et à son environnement sont données dans le Tableau E.41.

Les données relatives aux services entrants et à leurs réseaux internes connectés sont données pour le service de puissance dans le Tableau E.42 et pour le service de communication dans le Tableau E.43.

Tableau E.41 – Immeuble d'appartements : Caractéristiques de l'environnement et de la structure totale

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
--------------------	-------------	---------	--------	-----------



Densité de foudroiement (1/km ² /an)		N_G	4,0	
Dimensions de la structure (m)	$H = 20$ ou 40 (voir Tableau E.45)	L, W, H	30, 20	
Facteur d'emplacement de la structure	Structure isolée	C_D	1	Tableau A.1
SPF	Variable (voir Tableau E.45)	P_B	-	Tableau B.2
Liaison équipotentielle	Aucune	P_{EB}	1	Tableau B.7
Écran spatial extérieur	Aucun	K_{S1}	1	Formule (B.5)

Tableau E.42 – Immeuble d'appartements : Service de puissance

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m)		L_L	200	
Facteur d'installation	Enterré	C_i	0,5	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service BT	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Suburbain	C_E	0,5	Tableau A.4
Écran de service (Q/km)	Non blindé	R_S	-	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Aucun	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	1	
Structure adjacente (m)	Aucun	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure adjacente	Aucun	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	2,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,4	Formule (B.7)
		P_{LD}	1	Tableau B.8
		P_{LI}	0,3	Tableau B.9

Tableau E.43 – Immeuble d'appartements : Service de communication

Paramètre d'entrée	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Longueur (m)		L_L	100	
Facteur d'installation	Enterré	C_i	0,5	Tableau A.2
Facteur de type de service	Service de communication	C_T	1	Tableau A.3
Facteur d'environnement	Suburbain	C_E	0,5	Tableau A.4
Écran de service (Q/km)	Non blindé	R_S	-	Tableau B.8
Blindage, mise à la terre, isolation	Aucun	C_{LD}	1	Tableau B.4
		C_{LI}	1	
Structure adjacente (m)	Aucune	L_J, W_J, H_J	-	
Facteur d'emplacement de la structure adjacente	Aucun	C_{DJ}	-	Tableau A.1
Tension de tenue du réseau interne (kV)		U_w	1,5	
	Paramètres résultants	K_{S4}	0,67	Formule (B.7)
		P_{LD}	1	Tableau B.8
		P_{LI}	0,5	Tableau B.9

E.5.2 Définition des zones dans l'immeuble d'appartements

Les zones suivantes peuvent être définies :

- Z_1 (à l'extérieur du bâtiment) ;
- Z_2 (à l'intérieur du bâtiment).

Pour la zone Z_1 il est supposé que personne ne se tient à l'extérieur du bâtiment. Par conséquent le risque d'impact sur les personnes $R_A = 0$. Du fait que R_A constitue la seule composante de risque à l'extérieur du bâtiment, la zone Z_1 peut être totalement omise.

La zone Z_2 est définie en tenant compte des éléments suivants :

- la structure est classée comme "bâtiment civil" ;
- les deux réseaux internes (de puissance et de communication) existent dans cette zone ;
- il n'y a pas de blindages spatiaux ;
- la structure est un compartiment unique à l'épreuve du feu ;
- les pertes sont supposées correspondre aux valeurs moyennes types du Tableau C.1.

Les facteurs résultants valables pour la zone Z_2 sont indiqués dans le Tableau E.44.

Tableau E.44 – Immeuble d'appartements : Facteurs valables pour la zone Z_2 (à l'intérieur du bâtiment)

Paramètre d'entrée		Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de plancher		Bois	r_t	10^{-5}	Tableau C.3
Protection contre les chocs (impact sur la structure)		aucune	P_{TA}	1	Tableau B.1
Protection contre les chocs (impact sur le service)		aucune	P_{TU}	1	Tableau B.6
Risque d'incendie		Variable (voir Tableau E.45)	r_f	-	Tableau C.5
Protection contre l'incendie		Variable (voir Tableau E.45)	r_p	-	Tableau C.4
Écran spatial interne		aucun	K_{S2}	1	Formule (B.6)
Puissance	Câblage interne	Non blindé (boucles dans le même conduit)	K_{S3}	0,2	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
Communi- cation	Câblage interne	Non blindé (boucles de grande taille > 10 m ²)	K_{S3}	1	Tableau B.5
	Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{\text{parafoudre}}$	1	Tableau B.3
L1 : Perte de vie humaine		Danger particulier : Aucun	h_z	1	Tableau C.6
		D1: due aux tensions de contact et de pas	L_T	10^{-2}	Tableau C.2
		D2: due aux dommages physiques	L_F	10^{-1}	
Facteur relatif aux personnes en danger		$n_z/n_t \cdot x \cdot t_z/8 \cdot 760 = 200/200 \times 8760/8760$	-	1	

E.5.3 Risque R_1 - Choix des mesures de protection

Les valeurs du risque R_1 et les mesures de protection choisies pour réduire le risque à un niveau tolérable $R_T = 10^{-5}$ sont données dans le Tableau E.45 en fonction des paramètres suivants :

- hauteur du bâtiment H
- facteur de réduction r_f pour le risque d'incendie
- facteur de réduction r_p des conséquences du feu
- probabilité P_B dépendant de la classe du SPF adopté.

Tableau E.45 – Immeuble d'appartements : Risque R_1 pour l'immeuble d'appartements en fonction des mesures de protection

Hauteur H (m)	Risque d'incendie		SPF		Protection contre le feu		Risque R_1 (valeurs $\times 10^{-5}$)	Structure protégée ($R_1 \leq R_T$)
	Type	r_f	Classe	P_B	Type	r_p		
20	Faible	0,001	aucun	1	aucun	1	0,837	oui
	Ordinaire	0,01	aucun	1	aucun	1	8,364	Non
			III	0,1	aucun	1	0,776	oui
			IV	0,2	Manuel	0,5	0,747	oui
	Elevé	0,1	aucun	1	aucun	1	83,64	Non
			II	0,05	Automatique	0,2	0,764	oui
			I	0,02	aucun	1	1,553	Non
			I	0,02	Manuel	0,5	0,776	oui
40	Faible	0,001	aucun	1	aucun	1	2,436	Non
			aucun	1	Automatique	0,2	0,489	oui
			IV	0,2	aucun	1	0,469	oui
	Ordinaire	0,01	aucun	1	aucun	1	24,34	Non
			IV	0,2	Automatique	0,2	0,938	oui
			I	0,02	aucun	1	0,475	oui
	Elevé	0,1	aucun	1	aucun	1	243,4	Non
			I	0,02	Automatique	0,2	0,949	oui

Bibliographie

- [1] EN 50536, Protection contre la foudre – Systèmes d'avertissement d'orages électriques
 - [2] EN 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc* (CEI 61000-4-5:1995)
 - [3] EN 60079-10-1, *Atmosphères explosives – Partie 10-1: Classement des emplacements - Atmosphères explosives gazeuses* (CEI 60079-10-1)
 - [4] EN 60079-10-2:2009, *Atmosphères explosives – Partie 10-2: Classement des emplacements – Atmosphères explosives poussiéreuses* (CEI 60079-10-2:2009)
 - [5] EN 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais* (CEI 60664-1:2007)
 - [6] CEI 60050-426:2008, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 426: Matériel pour atmosphères explosives*
 - [7] Journal officiel de l'Union européenne, 1994/28/02, n. C 62/63.
 - [8] Recommandation UIT-T K.47, *Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques contre les décharges directes de foudre*
 - [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] Recommandation UIT-T K.46, *Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions induites par la foudre*
 - [12] IEC/TR 62066:2002, *Surge overvoltages and surge protection in low-voltage a.c. power systems - General basic information* (disponible uniquement en anglais)
-



Protection contre la foudre

UTE/UF 81

Liste des organismes représentés dans la commission de normalisation

Secrétariat : UTE

COPREC

EDF (Electricité de France)

FFIE (Fédération française des entreprises de génie électrique et énergétique)

FRANCE TELECOM

GIMELEC (Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés)

IGNES (Groupement des Industries du Génie Numérique Energétique et Sécuritaire)

INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques)

LCPP (Laboratoire Central de la Préfecture de Police)

MINISTERE DU TRAVAIL, DES RELATIONS SOCIALES, DE LA FAMILLE, DE LA SOLIDARITE ET DE LA VILLE

SUPELEC (Ecole Supérieure d'Electricité)

SYCABEL (Syndicat professionnel des fabricants de fils et câbles électriques et de communication)

TOTAL
