

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

Novembre 2006

[www.afnor.org](http://www.afnor.org)

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients Intranormes. 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 Intranormes (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.

Contacter :  
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

## Intranormes

Pour Vinci Energies

Client 03610200

Le 16/08/2011 à 18:03

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

**afnor**

# norme européenne

# norme française

NF EN 62305-2  
Novembre 2006

Indice de classement : C 17-100-2

ICS : 29.020; 91.120.40

## Protection contre la foudre

### Partie 2 : Evaluation du risque

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 20 octobre 2006, pour prendre effet à compter du 20 novembre 2006.

**Correspondance** La norme européenne EN 62305-2:2006 + corrigendum de décembre 2006 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la publication CEI 62305-2:2006.

**Analyse** Le présent document est applicable à l'évaluation du risque, dans une structure ou dans un service, dû aux coups de foudre au sol.

Il est destiné 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.

dow : 2009-02-01

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

### Modifications

**Corrections** Par rapport au premier tirage, ajout de l'annexe ZA.

Éditée et diffusée par l'Union Technique de l'Électricité (UTE) – Tour Chantecoq – 5, rue Chantecoq – 92808 Puteaux Cedex –  
Tél. : + 33 (0) 1 49 07 62 00 – Télécopie : + 33 (0) 1 47 78 73 51 – Courriel : ute@ute.asso.fr – Internet : <http://www.ute-fr.com/>  
diffusée également par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) – 11, avenue Francis de Pressensé – 93571 Saint-Denis  
La Plaine Cedex – Tél. : + 33 (0) 1 41 62 80 00

## AVANT-PROPOS NATIONAL

Ce document constitue la version française complète de la norme européenne EN 62305-2:2006 + corrigendum:2006, qui reproduit le texte de la publication CEI 62305-2:2006.

Les modifications du CENELEC (dans le présent document, l'annexe ZA uniquement) sont signalées par un trait vertical dans la marge gauche du texte.

Ce document est complété par le guide pratique UTE C 17-100-2 «Protection contre la foudre – Partie 2 : Evaluation des risques» de janvier 2005, en cours de révision. Le guide UTE C 17-100-2 correspond à la partie de la norme NF EN 62305-2 qui traite de structures alors que la norme complète traite elle, des structures et des services. Le guide UTE C 17-100-2 a été maintenu car ne traitant que d'un seul sujet, il permet un travail plus aisés pour la cible principale du document : les structures.

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 défavorablement au CENELEC sur le projet de EN 62305-2, le 14 septembre 2005.

Note : le tableau de correspondance entre les documents internationaux cités en référence et les documents CENELEC et/ou français à appliquer se trouve en page III, à la fin du présent document.

---

**NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD**

**EN 62305-2**

**Février 2006**

ICS 29.020; 91.120.40

Comprend le corrigendum de novembre 2006

**Version française**

**Protection contre la foudre  
Partie 2: Evaluation du risque  
(CEI 62305-2:2006)**

**Blitzschutz  
Teil 2: Risiko-Management  
(IEC 62305-2:2006)**

**Protection against lightning  
Part 2: Risk management  
(IEC 62305-2:2006)**

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2006-02-01. 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 Secrétariat Central 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 Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, 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 et Suisse.

**CENELEC**

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

Secrétariat Central: rue de Stassart 35, B - 1050 Bruxelles

## Avant-propos

Le texte du document 81/263/FDIS, future édition 1 de la CEI 62305-2, préparé par le CE 81 de la CEI, Protection contre la foudre, a été soumis au vote parallèle CEI-CENELEC et a été approuvé par le CENELEC comme EN 62305-2 le 2006-02-01.

Les dates suivantes ont été fixées:

- |   |       |            |
|---|-------|------------|
| – date limite à laquelle la EN doit être mise en application au niveau national par publication d'une norme nationale identique ou par entérinement | (dop) | 2006-11-01 |
| – date limite à laquelle les normes nationales conflictuelles doivent être annulées   | (dow) | 2009-02-01 |

L'Annexe ZA a été ajoutée par le CENELEC.

Le contenu du corrigendum de novembre 2006 a été pris en considération dans cet exemplaire.

---

## SOMMAIRE

<b>AVANT-PROPOS.....</b>	<b>2</b>
<b>1 Domaine d'application .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Références normatives .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Termes et définitions .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Explication des termes.....</b>	<b>20</b>
4.1 Dommages et pertes.....	20
4.2 Risque et composantes des risques .....	23
4.3 Compositions des composantes de risque liées à la structure .....	25
4.4 Compositions des composantes de risque liées aux services.....	27
4.5 Facteurs d'influence des composantes de risque .....	28
<b>5 Evaluation des risques.....</b>	<b>29</b>
5.1 Procédure de base .....	29
5.2 Structure à prendre en compte pour l'évaluation du risque.....	29
5.3 Service à prendre en compte pour l'évaluation du risque .....	30
5.4 Risque tolérable $R_T$ .....	30
5.5 Procédure pour évaluer le besoin de protection .....	30
5.6 Procédure d'évaluation des impacts économiques de la protection .....	31
5.7 Mesures de protection .....	33
5.8 Choix des mesures de protection .....	33
<b>6 Evaluation des composantes du risque pour les structures .....</b>	<b>36</b>
6.1 Equation de base.....	36
6.2 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur une structure (S1) .....	36
6.3 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts à proximité de la structure (S2) .....	36
6.4 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur une ligne connectée à la structure (S3).....	37
6.5 Evaluation de la composante du risque dû aux impacts à proximité d'une ligne connectée à la structure (S4) .....	37
6.6 Synthèse des composantes du risque dans une structure .....	39
6.7 Partition d'une structure en zones $Z_S$ .....	39
6.8 Evaluation des composantes de risque dans une structure avec des zones $Z_S$ .....	40
<b>7 Evaluation des composantes du risque pour les services.....</b>	<b>41</b>
7.1 Equation de base.....	41
7.2 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur un service (S3).....	41
7.3 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts à proximité d'un service (S4).....	42
7.4 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur les structures connectées au service (S1).....	42
7.5 Synthèse des composantes du risque dans un service .....	43
7.6 Partition d'un service en sections $S_S$ .....	43

Annexe A (Informatif) Evaluation du nombre annuel N d'événements dangereux .....	45
Annexe B (informatif) Evaluation de la probabilité de dommages $P_x$ d'une structure .....	54
Annexe C (informatif) Evaluation du montant des pertes $L_x$ dans une structure .....	61
Annexe D (informatif) Evaluation de la probabilité de dommages $P_x'$ dans un service .....	67
Annexe E (informatif) Evaluation du montant des pertes $L'_x$ dans un service .....	71
Annexe F (informatif) Surtensions de manœuvre .....	73
Annexe G (informatif) Evaluation des coûts des pertes .....	74
Annexe H (informatif) Etude de cas de structures .....	76
Annexe I (informatif) Etude de cas des services .....	105
Annexe J (informatif) Logiciel simplifié pour l'évaluation du risque .....	112
Annexe ZA (normative) Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes.....	117
Bibliographie .....	117
Figure 1 – Procédure pour la décision du besoin de protection .....	31
Figure 2 – Procédure pour la décision des impacts économiques des mesures de protection.....	32
Figure 3 – Procédure pour le choix des mesures de protection dans les structures .....	34
Figure 4 – Procédure pour le choix des mesures de protection dans les services .....	35
Figure 5 – Structures aux extrémités de lignes: à protéger (structure b) et à l'extrémité «a» (structure a).....	38
Figure A.1 – Surface équivalente d'exposition $A_d$ d'une structure isolée.....	46
Figure A.2 – Structure de forme complexe .....	47
Figure A.3 – Zone équivalente d'exposition $A_d$ de la structure de la Figure A.2 .....	48
Figure A.4 – Structure à considérer pour l'évaluation de la surface équivalente d'exposition $A_d$ .....	49
Figure A.5 – Surfaces équivalentes d'exposition ( $A_d$ , $A_m$ , $A_i$ , $A_l$ ).....	53
Figure I.1 – Ligne de communication à protéger .....	105
Figure J.1 – Exemple pour une structure sans mesures de protection (copie d'écran) .....	
Figure J.2 – Exemple pour une structure avec mesures de protection (copie d'écran) .....	115
Tableau 1 – Sources de dommages, types de dommages et types de pertes en fonction du point d'impact.....	22
Tableau 2 – Risque dans une structure pour chaque type de dommages et de pertes .....	22
Tableau 3 – Composantes de risques à prendre en compte pour chaque type de perte dans une structure .....	26
Tableau 4 – Composantes de risques à prendre en compte pour chaque type de perte dans un service .....	27
Tableau 5 – Facteurs d'influence des composantes de risque dans une structure .....	28
Tableau 6 – Facteurs d'influence des composantes de risque dans un service.....	29
Tableau 7 – Valeurs types pour le risque tolérable $R_T$ .....	30
Tableau 8 – Paramètres associés à l'évaluation des composantes de risque pour les structures.....	38

Tableau 9 – Composantes du risque dans une structure pour différents types de dommages causés par différentes sources .....	39
Tableau 10 – Paramètres associés à l'évaluation des composantes de risque pour les services.....	42
Tableau 11 – Composantes du risque dans un service pour différents types de dommages causés par différentes sources.....	43
Tableau A.1 – Valeurs de la surface équivalente selon la méthode d'évaluation .....	47
Tableau A.2 – Facteur d'emplacement $C_d$ .....	50
Tableau A.3 – Zones équivalentes d'exposition $A_l$ et $A_i$ en fonction des caractéristiques du service.....	51
Tableau A.4 – Facteur de transformateur $C_t$ .....	52
Tableau A.5 – Facteur d'environnement $C_e$ .....	52
Tableau B.1 – Valeurs de probabilité $P_A$ pour qu'un impact sur la structure entraîne des chocs sur des êtres vivants dus à des tensions de contact et de pas.....	54
Tableau B.2– Valeurs de $P_B$ en fonction des mesures de protection pour réduire les dommages physiques .....	55
Tableau B.3 – Valeur de probabilité $P_{SPD}$ en fonction des niveaux de protection pour lesquels le parafoudre est conçu .....	55
Tableau B.4 – Valeur de la probabilité $P_{MS}$ en fonction du facteur $K_{MS}$ .....	56
Tableau B.5 – Valeur du facteur $K_{S3}$ en fonction du câblage interne.....	57
Tableau B.6 – Valeur de la probabilité $P_{LD}$ en fonction de la résistance $R_S$ de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs $U_w$ du matériel .....	58
Tableau B.7 – Valeur de la probabilité $P_{LI}$ en fonction de la résistance $R_S$ de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs $U_w$ du matériel .....	60
Tableau C.1 – Valeurs moyennes types de $L_t$ , $L_f$ et $L_o$ .....	62
Tableau C.2 – Valeurs du facteur de réduction $r_a$ et $r_u$ en fonction du type de sol ou de plancher .....	63
Tableau C.3 – Valeurs du facteur de réduction $r_p$ en fonction des dispositions prises pour réduire la conséquence du feu .....	63
Tableau C.4 – Valeurs du facteur de réduction $r_f$ en fonction du risque d'incendie de la structure.....	63
Tableau C.5 – Valeurs du facteur $h$ augmentant le montant relatif des pertes en présence d'un danger particulier .....	64
Tableau C.6 – Valeurs moyennes types de $L_f$ et $L_o$ .....	64
Tableau C.7 – Valeurs moyennes types de $L_t$ , $L_f$ et $L_o$ .....	66
Tableau D.1 – Valeurs du facteur $K_d$ en fonction des caractéristiques de la ligne écrantée .....	67
Tableau D.2 – Valeurs du facteur $K_p$ en fonction des mesures de protection .....	68
Tableau D.3 – Tension de tenue aux chocs $U_w$ en fonction du type d'isolation du câble.....	68
Tableau D.5 – Valeurs de probabilité $P'_B$ , $P'_C$ , $P'_V$ et $P'_W$ et en fonction du courant de défaillance $I_a$ .....	69
Tableau E.1 – Valeurs moyennes typiques de $L'_f$ et $L'_o$ .....	71
Tableau H.1 – Données et caractéristiques de la structure.....	76
Tableau H.2 – Données et caractéristiques des lignes entrantes et des matériels internes .....	77

Tableau H.3 – Caractéristiques de la zone $Z_2$ (à l'intérieur du bâtiment) .....	78
Tableau H.4 – Surfaces d'exposition équivalente des structures et des lignes.....	78
Tableau H.5 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux.....	79
Tableau H.6 – Composantes du risque impliquées et leur calcul (valeurs $\times 10^{-5}$ ) .....	79
Tableau H.7 – Valeurs des composantes de risque relatives au risque $R_1$ (valeurs $\times 10^{-5}$ ) pour les cas adaptés .....	81
Tableau H.8 – Caractéristiques de la structure.....	81
Tableau H.9 – Caractéristiques du réseau de puissance interne et de la ligne de puissance entrante concernée .....	82
Tableau H.10 – Caractéristiques du réseau de communication interne et de la ligne entrante concernée .....	82
Tableau H.11 – Caractéristiques de la zone $Z_1$ (zone d'entrée dans le bâtiment) .....	83
Tableau H.12 – Caractéristiques de la zone $Z_2$ (jardin).....	83
Tableau H.13 – Caractéristiques de la zone $Z_3$ (archives) .....	84
Tableau H.14 – Caractéristiques de la zone $Z_4$ (bureaux).....	84
Tableau H.15 – Caractéristiques de la zone $Z_5$ (centre informatique).....	85
Tableau H.16 – Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des lignes .....	85
Tableau H.17 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux .....	85
Tableau H.18 – Risque $R_1$ – Valeurs des composantes de risques selon les zones (valeurs $\times 10^{-5}$ ).....	86
Tableau H.19 – Composition des composantes de risques $R_1$ selon les zones (valeurs $\times 10^{-5}$ ).....	86
Tableau H.20 – Valeurs du risque $R_1$ en fonction de la solution choisie (valeurs $\times 10^{-5}$ ) .....	87
Tableau H.21 – Caractéristiques de la structure.....	88
Tableau H.22 – Caractéristiques du réseau de puissance interne et de la ligne de puissance entrante concernée .....	89
Tableau H.23 – Caractéristiques du réseau de communication interne et de la ligne entrante concernée .....	89
Tableau H.24 – Caractéristiques de la zone $Z_1$ (extérieur du bâtiment).....	90
Tableau H.25 – Caractéristiques de la zone $Z_2$ (bloc chambres).....	91
Tableau H.26 – Caractéristiques de la zone $Z_3$ (bloc opératoire) .....	91
Tableau H.27 – Caractéristiques de la zone $Z_4$ (unité de soins intensifs) .....	92
Tableau H.28 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux .....	92
Tableau H.29 – Risque $R_1$ – Valeurs de composantes de risque selon les zones .....	93
Tableau H.30 – Valeurs de la probabilité $P$ pour une structure non protégée .....	93
Tableau H.31 – Risque $R_1$ – Valeurs de composantes de risque pour une structure non protégée selon les zones (valeurs $\times 10^{-5}$ ) .....	94
Tableau H.32 – Composition des composantes de risque $R_1$ selon les zones (valeurs $\times 10^{-5}$ ).....	94
Tableau H.33 – Risque $R_1$ – Valeurs de la probabilité $P$ pour une structure protégée selon la solution a) .....	96
Tableau H.34 – Risque $R_1$ – Valeurs de la probabilité $P$ pour une structure protégée selon la solution b) .....	97

Tableau H.35 – Risque $R_1$ – Valeurs de la probabilité $P$ pour une structure protégée selon la solution c).....	98
Tableau H.36 – Risque $R_1$ – Valeurs du risque en fonction de la solution choisie (valeurs $\times 10^{-5}$ ) .....	98
Tableau H.37 – Valeurs des coûts des pertes relatives aux zones (valeurs en \$ $\times 10^6$ ).....	99
Tableau H.38 – Valeurs relatives aux taux.....	99
Tableau H.39 – Risque $R_4$ – Valeurs des composantes de risque pour une structure non protégée selon les zones (valeurs $\times 10^{-5}$ ).....	100
Tableau H.40 – Montant des pertes $C_L$ et $C_{RL}$ (valeurs en \$) .....	100
Tableau H.41 – Coût $C_P$ et $C_{PM}$ des mesures de protection (valeurs en \$) .....	101
Tableau H.42 – Economie annuelle (valeur en \$).....	101
Tableau H.43 – Caractéristiques de la structure .....	102
Tableau H.44 – Paramètres de la zone $Z_2$ .....	102
Tableau H.45 – Paramètres du réseau de puissance interne et du réseau entrant concerné .....	103
Tableau H.46 – Paramètres du réseau de communication interne et du réseau entrant concerné .....	103
Tableau H.47 – Mesures de protection à adopter en fonction de la hauteur du bâtiment et du risque d'incendie .....	104
Tableau I.1 – Caractéristiques de la section $S_1$ de la ligne.....	106
Tableau I.2 – Caractéristiques de la section $S_2$ de la ligne.....	107
Tableau I.3 – Caractéristiques d'extrémité de ligne dans la structure .....	107
Tableau I.4 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux.....	107
Tableau I.5 – Risque $R'_2$ – Composantes de risque relatives aux sections S de la ligne .....	108
Tableau I.6 – Risque $R'_2$ – Courants de défaut et probabilités $P'$ pour une ligne non protégée.....	108
Tableau I.7 – Risque $R'_2$ – Valeurs des composantes de risque pour une ligne non protégée selon les sections S (valeurs $\times 10^{-3}$ ) .....	109
Tableau I.8 – Risque $R'_2$ – Valeurs des probabilités $P'$ pour une ligne protégée .....	110
Tableau I.9 – Risque $R'_2$ – Valeurs des composantes de risque pour une ligne protégée par un parafoudre installé au point de transition $T_{1/2}$ et $T_a$ avec $P_{SPD} = 0,03$ (valeurs $\times 10^{-3}$ ) .....	111
Tableau J.1 – Paramètres choisis par l'utilisateur .....	113
Tableau J.2 – Paramètres avec choix limités pour l'utilisateur .....	113
Tableau J.3 – Paramètres fixés (non modifiables par l'utilisateur) .....	114

## 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 électriques et électroniques 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.

Le danger pour les services peut donner lieu

- à des dommages affectant le service lui-même,
- à des défaillances des équipements électriques et électroniques associés.

Des mesures de protection peuvent être prescrites pour réduire les pertes dues à la foudre. Il est recommandé que la nécessité d'une telle protection et son choix soient considérés en terme d'évaluation du risque.

Le risque, défini dans cette norme comme la perte annuelle moyenne probable dans une structure et dans un service due aux coups de foudre dépend:

- du nombre annuel de coups de foudre impliquant la structure et le service;
- 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 et/ou à proximité des services connectés (réseaux d'énergie, réseaux de communication, autres services).

Les coups de foudre impliquant un service peuvent être divisés en:

- coups de foudre directs sur le service;
- coups de foudre à proximité du service ou coups de foudre directs sur une structure connectée au service.

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 et des animaux. Les coups de foudre indirects à proximité d'une structure ou d'un service, comme les coups de foudre directs, peuvent causer des défaillances des réseaux électriques et électroniques en raison des surtensions dues à un couplage résistif ou inductif entre ces matériels et le courant de foudre.

En outre, les défaillances dues aux surtensions de foudre dans les installations des utilisateurs et dans les réseaux de puissance peuvent également générer des surtensions de manœuvre dans leurs circuits.

NOTE 1 Le dysfonctionnement des réseaux électriques et électroniques n'est pas couvert par la série CEI 62305. Il convient de se reporter à la CEI 61000-4-5 [1]<sup>1</sup>.

NOTE 2 Des informations concernant l'évaluation du risque due aux surtensions de manœuvre sont données à l'Annexe F.

---

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

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

**La probabilité des dommages dus à la foudre dépend de la structure, du service 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.**

**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.**

**L'évaluation du risque dû à tous les effets possibles des coups de foudre sur les structures et les services est donnée dans cette norme qui est une version révisée de la CEI 61662:1995 et son Amendement 1 (1996).**

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

## PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

### Partie 2: Evaluation des risques

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62305 est applicable à l'évaluation du risque, dans une structure ou dans un service, dû aux 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 de référence suivants sont indispensables pour 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 60079-10:2002, Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 10: Classement des emplacements dangereux**

**CEI 61241-10:2004, Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 10: Classification des emplacements où des poussières combustibles sont ou peuvent être présentes**

**CEI 62305-1: Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux**

**CEI 62305-3: Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains**

**CEI 62305-4: Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures**

**CEI 62305-5: Protection contre la foudre – Partie 5: Service<sup>2</sup>**

**UIT-T Recommandation K.46:2000, Protection des lignes de télécommunication utilisant des conducteurs symétriques métalliques contre les surtensions induites**

**UIT-T Recommandation K.47:2000, Protection des lignes de télécommunication utilisant des conducteurs métalliques contre les décharges directes de foudre**

---

<sup>2</sup> A publier

### 3 Termes, définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions, symboles et abréviations 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 la CEI 62305, s'appliquent.

#### 3.1 Termes et définitions

##### 3.1.1

objet à protéger

structure ou service à protéger contre les effets de la foudre

##### 3.1.2

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.

##### 3.1.3

structures avec risque d'explosion

structures contenant des matériaux explosifs solides ou des zones dangereuses comme cela est déterminé dans la CEI 60079-10 et dans la CEI 61241-10

NOTE Pour les besoins de la présente norme, seules les structures comportant des zones dangereuses de type 0 ou contenant des matériaux explosifs solides sont prises en considération.

##### 3.1.4

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.

##### 3.1.5

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.

##### 3.1.6

environnement suburbain

zone présentant une densité moyenne de bâtiments

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

##### 3.1.7

environnement rural

zone présentant une faible densité de bâtiments

NOTE La campagne constitue un exemple d'environnement rural.

##### 3.1.8

tension assignée de tenue aux chocs

$U_w$

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le constructeur aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions transitoires

NOTE Pour les besoins de la présente norme, seule la tension de tenue en mode commun est prise en compte.

3.1.9

réseau électrique

réseau comportant des composants de puissance à basse tension et éventuellement des composants électroniques

3.1.10

réseau électronique

système comportant des composants électroniques sensibles tels que les matériels de communication, les ordinateurs, les systèmes de commande et de mesure, les systèmes radios et les installations d'électronique de puissance

3.1.11

réseau interne

réseaux électriques et électroniques à l'intérieur d'une structure

3.1.12

service à protéger

service entrant dans une structure pour lequel la protection contre les effets de la foudre est exigée conformément à la présente norme

3.1.13

réseaux de communication

support de transmission destiné à la communication entre des équipements qui peuvent être situés dans des structures séparées, comme les lignes téléphoniques et les lignes pour la transmission de données

3.1.14

réseaux d'énergie

lignes de transmission amenant l'énergie électrique dans une structure pour alimenter les matériels électriques et électroniques qui s'y trouvent, par exemple réseaux d'alimentation à basse tension ou à haute tension

3.1.15

canalisations

tuyauteries destinées à transporter un fluide en entrée ou en sortie d'une structure, par exemple tuyaux de gaz, d'eau ou d'huile

3.1.16

événement dangereux

coup de foudre frappant un objet à protéger ou à proximité d'un tel objet

3.1.17

coup de foudre frappant un objet

coup de foudre frappant un objet à protéger

3.1.18

coup de foudre frappant à proximité d'un objet

coup de foudre frappant suffisamment près d'un objet 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 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 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 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 prévisible des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service

3.1.23

impulsion électromagnétique de foudre

IEMF

effets électromagnétiques du courant de foudre

NOTE Elle comprend les surtensions conduites ainsi que les effets des champs électromagnétiques rayonnés.

3.1.24

choc

onde transitoire se manifestant sous la forme de surtensions et/ou de surintensités causées par l'IEMF

NOTE Les chocs causés par l'IEMF peuvent provenir des courants de foudre (partiels), des effets inductifs dans des boucles dans l'installation et se manifester comme la surtension résiduelle en aval des parafoudres.

3.1.25

noeud

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

NOTE Des exemples de noeuds sont un point de connexion d'un transformateur HT/BT ou d'un multiplexeur d'une ligne de communication ou encore un parafoudre mis en œuvre sur une ligne, conformément à la CEI 62305-5.

3.1.26

dommage physique

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

3.1.27

blessures d'êtres vivants

blessures, y compris blessures entraînant la mort, de personnes ou d'animaux dues aux tensions de contact et de pas causées par la foudre

3.1.28

défaillance des réseaux électriques et électroniques

dommage permanent des réseaux électriques et électroniques dû aux IEMF

3.1.29

courant de défaillance

$I_a$

valeur de crête minimale du courant de foudre qui causera des dommages à un réseau

3.1.30

probabilité de dommage

$P_X$

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

3.1.31

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 l'objet à protéger

3.1.32

risque

$R$

mesure de la perte annuelle probable (personnes et biens) due à la foudre, par rapport à la valeur (personnes et biens) de l'objet à protéger

3.1.33

composante du risque

$R_X$

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

3.1.34

risque tolérable

$R_T$

valeur maximale du risque qui peut être tolérée par l'objet à protéger

3.1.35

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

3.1.36

section d'un service

$S_S$

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

3.1.37

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).

3.1.38

niveau de protection contre la foudre

NPF

nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre quant à la probabilité selon laquelle 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 concevoir des mesures de protection selon le jeu approprié de paramètres du courant de foudre.

3.1.39

mesures de protection

mesures à adopter dans l'objet à protéger pour réduire le risque

3.1.40

système de protection contre la foudre  
SPF

installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure

NOTE Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre.

3.1.41

système de mesures de protection contre l'IEMF  
SMPI

installation complète des mesures de protection contre l'IEMF pour les réseaux intérieurs

3.1.42

écran

tresse métallique utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent un service

3.1.43

écran magnétique

grillage métallique fermé ou écran en forme de grille ou continu enveloppant l'objet à protéger, ou une partie de celui-ci, afin de réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques

3.1.44

câble de protection contre la foudre

câble écranté spécialement conçu et construit pour réduire les effets électromagnétiques du courant de foudre s'écoulant dans l'écran

3.1.45

conduit de protection contre la foudre

conduit de faible résistivité en contact avec le sol (par exemple, béton armé avec connexion aux structures métalliques internes ou conduit métallique)

3.1.46

parafoudre

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

3.1.47

parafoudres coordonnés

parafoudres coordonnés sélectionnés et installés de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques

3.2 Symboles et abréviations

<i>a</i>	Taux d'amortissement .....	Annexe G
<i>A<sub>d</sub></i>	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure isolée .....	A.2
<i>A'<sub>d</sub></i>	Surface équivalente d'exposition pour les toitures élevées saillantes .....	A.2.1
<i>A<sub>i</sub></i>	Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service .....	A.4; Tableau A.2
<i>A<sub>I</sub></i>	Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service ....	A.4; Tableau A.2
<i>A<sub>m</sub></i>	Zone d'influence pour les impacts à proximité d'une structure.....	A.3
B	Bâtiment .....	A.2

$c$	Valeur moyenne du coût des pertes possibles pour une structure .....	C.4; C.5
$C_A$	Coût annuel des animaux.....	Annexe G
$C_B$	Coût annuel d'un bâtiment.....	Annexe G
$C_C$	Coût annuel du contenu .....	Annexe G
$C_d$	Facteur d'emplacement.....	A.2; Tableau A.2
$C_e$	Facteur d'environnement.....	A.5, Tableau A.5
$C_L$	Coût des pertes totales en l'absence de mesures de protection.....	5.6; Annexe G
$C_{RL}$	Coût des pertes résiduelles.....	5.6; Annexe G
$C_P$	Coût des mesures de protection .....	Annexe G
$C_{PM}$	Coût annuel des mesures de protection choisies .....	5.6, Annexe G
$C_S$	Coût des réseaux dans une structure .....	Annexe G
$C_t$	Facteur de correction pour la présence d'un transformateur HT/BT.....	A.4; Tableau A.4
$c_t$	Valeur totale de la structure, en monnaie.....	C.4; C.5; E.3
$D_i$	Distance latérale relative au coup de foudre à proximité d'un service .....	A.5
D1	Blessures d'êtres vivants .....	4.1.2
D2	Dommages physiques .....	4.1.2
D3	Défaillance des réseaux électriques et électroniques .....	4.1.2
$h_z$	Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial .....	C.2; Tableau C.5
$H$	Hauteur de la structure .....	A.4
$H_a$	Hauteur de la structure connectée à l'extrémité «a» d'un service .....	A.4
$H_b$	Hauteur de la structure connectée à l'extrémité «b» d'un service .....	A.4
$H_c$	Hauteur des conducteurs de service au-dessus du sol.....	A.4
$i$	Taux d'intérêt.....	Annexe G
$I_a$	Courant de claquage .....	D.1.1; D.1.2
$K_d$	Facteur associé aux caractéristiques d'un service.....	D.1.1
$K_{MS}$	Facteur relatif aux performances des mesures de protection contre l'IEMF .....	B.4
$K_p$	Facteur associé aux mesures de protection choisies dans un service.....	D.1.1
$K_{S1}$	Facteur associé à l'efficacité d'écran d'une structure .....	B.4
$K_{S2}$	Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans internes à la structure .....	B.4
$K_{S3}$	Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne.....	B.4
$K_{S4}$	Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau .....	B.4
$L$	Longueur de la structure .....	A.2
$L_a$	Longueur de la structure connectée à l'extrémité «a» d'un service .....	A.4
$L_A$	Pertes associées aux blessures sur des êtres vivants .....	6.2; Tableau 8
$L_B$	Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques .....	6.2; Tableau 8
$L'_B$	Pertes dans le service relatives aux dommages physiques .....	7.4; Tableau 10

$L_c$	Longueur de la section du service .....	A.4
$L_C$	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure) .....	6.2; Tableau 8
$L'_C$	Pertes associées aux défaillances des matériels de service (impacts sur une structure) .....	7.4; Tableau 10
$L_f$	Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques .....	C.1
$L'_f$	Pertes dans le service relatives aux dommages physiques .....	E.1
$L_M$	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure) .....	6.3; Tableau 8
$L_o$	Pertes dues aux défaillances des réseaux internes .....	C.1
$L'_o$	Pertes des services dues aux défaillances des réseaux internes .....	E.1
$L_t$	Pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas .....	C.1
$L_U$	Pertes associées aux blessures sur des êtres vivants .....	6.4; Tableau 8
$L_V$	Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques (impacts sur un service) .....	6.4; Tableau 8
$L'_V$	Pertes dans les services relatives aux dommages physiques (impacts sur un service) .....	7.2; Tableau 10
$L_W$	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes (foudre sur un service) .....	6.4; Tableau 8
$L'_W$	Pertes associées aux défaillances des matériels de service (impacts sur un service) .....	7.2; Tableau 10
$L_X$	Pertes consécutives de la structure .....	6.1
$L'_X$	Perte consécutive dans le service .....	7.1
$L_Z$	Pertes associées aux défaillances des réseaux internes dues aux impacts à proximité d'un service .....	6.5; Tableau 8
$L'_Z$	Pertes associées aux défaillances des matériels de service dues aux impacts à proximité du service .....	7.3; Tableau 10
$L_1$	Perte de vie humaine dans une structure .....	4.1.3
$L_2$	Perte de service public dans une structure .....	4.1.3
$L'_2$	Perte de service public dans un service .....	4.1.3
$L_3$	Perte d'héritage culturel.....	4.1.3
$L_4$	Pertes de valeurs économiques (structure et son contenu, service et pertes d'activités) .....	4.1.3
$L'_4$	Pertes de valeurs économiques (service et perte d'activité) .....	4.1.3
$m$	Coût de maintenance .....	Annexe G
$n$	Nombre de services entrant dans la structure .....	D.1.1
$N_X$	Nombre annuel d'événements dangereux .....	6.1
$N_D$	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure .....	A.2.3
$N_{Da}$	Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure à l'extrémité «a» d'une ligne .....	A.2.4; Tableau 8
$N_g$	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
$n_p$	Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis) .....	C.2; C.3; E.2
$n_s$	Nombre annuel estimé ou mesuré de surtensions de manœuvre .....	Annexe F
$N_s$	Nombre annuel de surtensions de manœuvre dépassant 2,5 kV .....	Annexe F
$n_t$	Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure .....	C.2; C.3; E.2
$P$	Probabilité de dommages .....	3.1.29
$P_A$	Probabilité de blessures sur des êtres vivants (impacts sur une structure) .....	6.2; Tableau 8
$P_B$	Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure) .....	6.2; Tableau 8
$P'_B$	Probabilité de dommages physiques sur un service (impacts sur une structure) .....	7.4; Tableau 10
$P_C$	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur la structure) .....	6.2; Tableau 8
$P'_C$	Probabilité de défaillances des matériels de service (impacts sur une structure) .....	7.4; Tableau 10
$P_{LD}$	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) .....	B.5; B.6; B.7
$P_{LI}$	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité du service connecté) .....	B.8
$P_M$	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'une structure) .....	6.3; Tableau 8
$P_{MS}$	Probabilité de défaillances des réseaux internes (avec mesures de protection) ....	B.4
$P_{SPD}$	Probabilité de défaillance des réseaux internes ou d'un service avec l'installation de parafoudres .....	B.3; B.4
$P_U$	Probabilité de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) .....	6.4; Tableau 8
$P_V$	Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur le service connecté) .....	6.4; Tableau 8
$P'_V$	Probabilité de dommages physiques sur des services (impacts sur un service) .....	7.2; Tableau 10
$P_W$	Probabilité de défaillance des réseaux internes dans une structure (impacts sur le service connecté) .....	6.4; Tableau 6
$P'_W$	Probabilité de défaillance des matériels de service (impacts sur un service) .....	7.2; Tableau 10
$P_X$	Probabilité de dommages sur une structure .....	6.1
$P'_X$	Probabilité de dommages sur un service .....	7.1
$P_Z$	Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service connecté) .....	6.5; Tableau 8
$P'_Z$	Probabilité de défaillances des matériels de service (impacts à proximité d'un service) .....	7.3; Tableau 10

$r_a$	Facteur de réduction associé au type de sol.....	C.2
$r_p$	Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie.....	C.2
$r_u$	Facteur de réduction associé au type de plancher.....	C.2
$R$	Risque .....	3.1.32
$R_A$	Composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants (impacts sur la structure) .....	4.2.2
$R_B$	Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur la structure) .....	4.2.2
$R'_B$	Composante du risque lié aux dommages physiques sur un service (impacts sur la structure connectée) .....	4.2.8
$R_C$	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur la structure) .....	4.2.2
$R'_C$	Composante du risque lié aux défaillances des matériels de service (impacts sur la structure) .....	4.2.8
$R_D$	Risque pour une structure dû aux impacts sur la structure.....	4.3.1
$r_f$	Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure.....	C.2
$R_F$	Risque de dommages physiques sur la structure.....	4.3.2
$R'_F$	Risque de dommages physiques sur un service .....	4.4.2
$R_I$	Risque pour une structure dû aux impacts ne frappant pas la structure.....	4.3.1
$R_M$	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure) .....	4.2.3
$R'_M$	Composante du risque $R_M$ lorsque des mesures de protection ont été adoptées.....	Annexe G
$R_O$	Risque de défaillances des réseaux internes.....	4.3.2
$R'_O$	Risque de défaillances des matériels de service.....	4.4.2
$R_s$	Résistance d'écran par unité de longueur d'un câble .....	B.5; B.8; D.1
$R_S$	Risque de blessures sur des êtres vivants .....	4.3.2
$R_T$	Risque tolérable .....	3.1.34
$R_U$	Composante du risque de blessures sur des êtres vivants ( impact sur le service connecté) .....	4.2.4
$R_V$	Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure ( impact sur le service connecté) .....	4.2.4
$R'_V$	Composante du risque pour un service lié aux dommages physiques ( impact sur le service) .....	4.2.6
$R_W$	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes ( impact sur le service connecté) .....	4.2.4
$R'_W$	Composante du risque lié aux défaillances des matériels de service (impact sur le service) .....	4.2.6
$R_x$	Composante du risque pour un service .....	3.1.33
$R'_x$	Composante du risque pour un service .....	7.1
$R_Z$	Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes ( impact à proximité d'un service).....	4.2.5
$R'_Z$	Composante du risque lié aux défaillances des matériels de service (impact à proximité d'un service).....	4.2.7
$R_1$	Risque de pertes de vie humaine dans une structure.....	4.2.1; 4.3

$R_2$	Risque de perte de service public dans une structure .....	4.2.1; 4.3
$R'_2$	Risque de perte de service public dans un service.....	4.2.1; 4.4
$R_3$	Risque de perte d'héritage culturel dans une structure.....	4.2.1; 4.3
$R_4$	Risque de pertes de valeur économique dans une structure.....	4.2.1; 4.3
$R'_4$	Risque de pertes de valeur économique dans un service .....	4.2.1; 4.4
$S$	Structure .....	A.2
$S$	Economie d'argent annuelle .....	Annexe G
$S_S$	Section d'un service.....	3.1.36
$S1$	Impacts sur une structure.....	4.1.1
$S2$	Impacts à proximité d'une structure .....	4.1.1
$S3$	Impacts sur un service .....	4.1.1
$S4$	Impacts à proximité d'un service .....	4.1.1
$t$	Temps annuel de perte de service, en heures.....	C.3; E.2
$t_p$	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
$T_x$	Points de transition .....	Annexe I
$U_w$	Tension de tenue aux chocs d'un réseau .....	B.4
$w$	Largeur de maille .....	B.4
$W$	Largeur de la structure .....	A.2
$W_a$	Largeur de la structure connectée à l'extrémité «a» d'un service .....	A.4
$Z_s$	Zones d'une structure .....	3.1.35
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 l'objet 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 du risque, 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 Tableaux 1 et 2):

- D1: blessures d'être vivants;
- D2: dommages physiques;
- D3: défaillance des réseaux électriques et électroniques.

Les dommages 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 même impliquer les structures environnantes ou l'environnement (par exemple émissions chimiques ou radioactives).

Un coup de foudre affectant un service peut entraîner des dommages sur le support physique lui-même (réseau ou canalisation) utilisé pour l'alimentation du service ainsi que sur un réseau électrique ou électronique associé. Ces dommages peuvent aussi s'étendre aux réseaux internes connectés au service.

#### 4.1.3 Types de pertes

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

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

Les pertes qui peuvent apparaître dans une structure sont les suivantes:

- L1: perte de vie humaine;
- L2: perte de service public;
- L3: perte d'héritage culturel;
- L4: perte de valeurs économiques (structure et son contenu).

Les pertes qui peuvent apparaître dans un service sont les suivantes:

- L'2: perte de service public;
- L'4: perte de valeurs économiques (service et perte d'activité).

NOTE Pour un service, la perte de vie humaine n'est pas prise en considération dans cette norme.

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

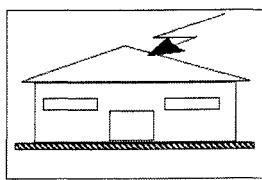
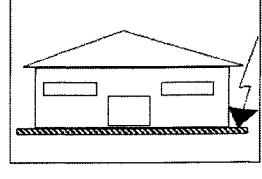
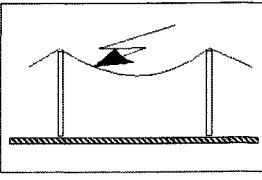
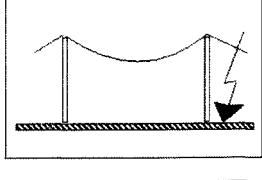
		Structure		Service	
Point d'impact	Source de dommages	Type de dommages	Type de pertes	Type de dommages	Type de pertes
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>2)</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>1)</sup> , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S2	D3	L1 <sup>1)</sup> , L2, L4		
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>2)</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>1)</sup> , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S4	D3	L1 <sup>1)</sup> , L2, L4	D3	L'2, L'4
1) Seulement dans le cas de structures présentant des risques d'explosion et dans les hôpitaux ou autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent entraîner des dangers mortels. 2) Seulement dans le cas où des pertes d'animaux peuvent survenir.					

Tableau 2 – Risque dans une structure pour chaque type de dommages et de pertes

Perte Dommage	L1 Perte de vie humaine	L2 Perte de service public	L3 Perte d'héritage culturel	L4 Perte de valeurs économiques
D1 Blessures des êtres vivants	$R_S$	–	–	$R_S$ <sup>1)</sup>
D2 Dommages physiques	$R_F$	$R_F$	$R_F$	$R_F$
D3 Défaillance des réseaux électriques ou électroniques	$R_O$ <sup>2)</sup>	$R_O$	–	$R_O$

<sup>1)</sup> Seulement dans le cas où des pertes d'animaux peuvent survenir.  
<sup>2)</sup> 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 des risques

### 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 ou dans un service, 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;
- $R_2$ : risque de perte de service public;
- $R_3$ : risque de perte d'héritage culturel;
- $R_4$ : risque de perte de valeurs économiques.

Les risques à évaluer dans un service peuvent être les suivants:

- $R'_2$ : risque de perte de service public;
- $R'_4$ : 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 les ajoute, les composantes du risque peuvent être groupées en fonction de la source et du type des dommages.

### 4.2.2 Composantes des risques pour une structure dus aux impacts sur la structure

$R_A$ : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas dans les zones jusqu'à 3 m à l'extérieur de la structure. 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 1 La composante du risque causé par les tensions de contact et de pas à l'intérieur de la structure dû aux impacts sur la structure n'est pas prise en compte dans la présente norme.

NOTE 2 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 être traités au sein du concept de la présente norme.

$R_B$ : 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 des risques pour une structure dus 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 des risques pour une structure dus aux impacts sur un service connecté à la structure**

$R_U$ : **Composante liée aux blessures d'être vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur de la structure en raison du courant de foudre injecté dans une ligne entrante.** 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 de la ligne dans la structure) dus au courant de foudre transmis dans les lignes entrantes.** 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 lignes entrantes 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** Les seuls services à considérer sont les lignes pénétrant dans la structure. Les coups de foudre sur ou à proximité de canalisations n'entraînent pas de dommages dans la structure si elles sont connectées à la borne principale de terre de la structure. Si une borne d'équipotentialité n'est pas prévue, il faut considérer une telle menace.

**4.2.5 Composante des risques pour une structure dus 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 lignes entrantes 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** Les seuls services à considérer sont les lignes pénétrant dans la structure. Les coups de foudre sur ou à proximité de canalisations n'entraînent pas de dommages dans la structure si elles sont connectées à la borne principale de terre de la structure. C'est pourquoi cette source de dommage peut être négligée lors de l'évaluation du risque pour une structure. Si une borne d'équipotentialité n'est pas prévue, il faut considérer une telle menace.

**4.2.6 Composantes des risques pour un service dus aux impacts sur le service**

$R'_V$ : **Composante liée aux dommages physiques dus aux effets mécaniques et thermiques du courant de foudre.** Des pertes du type L'2 et L'4, pourraient apparaître.

$R'_W$ : **Composante liée aux défaillances du matériel connecté en raison des surtensions dues à un couplage résistif.** Des pertes de type L'2 et L'4 pourraient apparaître.

4.2.7 Composante des risques pour un service dus à un impact à proximité du service

$R'_Z$ : Composante liée aux défaillances des réseaux et des matériels connectés causées par des surtensions induites sur les réseaux. Des pertes de type L'2 et L'4 pourraient apparaître.

4.2.8 Composantes des risques pour un service dus aux impacts sur la structure connectée à un service

$R'_B$ : Composante liée aux dommages physiques dus aux effets mécaniques et thermiques du courant de foudre s'écoulant sur le réseau. Des pertes du type L'2 et L'4 pourraient apparaître.

$R'_C$ : Composante liée aux défaillances du matériel connecté en raison des surtensions dues à un couplage résistif. Des pertes de type L'2 et L'4 pourraient apparaître.

4.3 Compositions des composantes de risque liées à la structure

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

$R_1$ : Risque de perte de vie humaine:

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{1)} + R_M^{1)} + R_U + R_V + R_W^{1)} + R_Z^{1)} \quad (1)$$

<sup>1)</sup> 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:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z \quad (2)$$

$R_3$ : Risque de perte d'héritage culturel:

$$R_3 = R_B + R_V \quad (3)$$

$R_4$ : Risque de perte de valeurs économiques:

$$R_4 = R_A^{2)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{2)} + R_V + R_W + R_Z \quad (4)$$

<sup>2)</sup> Seulement pour les propriétés où des pertes éventuelles d'animaux peuvent survenir.

Les composantes de risques correspondant à chaque type de perte sont également combinées dans le Tableau 3.

**Tableau 3 – Composantes de risques 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 une ligne entrante S3			Impact à proximité d'une ligne entrante S4
	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>		R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	
Composante du risque	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
<b>Risque pour chaque type de perte</b>								
R <sub>1</sub>	*	*	*1)	*1)	*	*	*1)	*1)
R <sub>2</sub>	*	*	*	*	*	*	*	*
R <sub>3</sub>	*	*	*	*	*	*	*	*
R <sub>4</sub>	* 2)	*	*	*	* 2)	*	*	*

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Seulement dans le cas des propriétés où des pertes d'animaux peuvent survenir.

#### 4.3.1 Composition des composantes de risque par rapport à la source de dommages

$$R = R_D + R_I \quad (5)$$

où

$R_D$  est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure (source S1) et qui est la somme:

$$R_D = R_A + R_B + R_C \quad (6)$$

où

$R_I$  est la somme dû aux coups de foudre qui ont une influence sur elle mais qui ne frappent pas la structure (sources S2, S3 et S4) et qui peut être la somme:

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z \quad (7)$$

Pour les composantes des risques et leurs compositions telles qu'indiquées ci-dessus, se reporter au Tableau 9.

#### 4.3.2 Composition des composantes de risque par rapport au type de dommages

$$R = R_S + R_F + R_O \quad (8)$$

où

$R_S$  est le risque dû aux blessures des êtres vivants (D1) et peut être la somme:

$$R_S = R_A + R_U \quad (9)$$

$R_F$  est le risque dû aux dommages physiques (D2) et peut être la somme:

$$R_F = R_B + R_V \quad (10)$$

$R_O$  est le risque dû aux défaillances des réseaux internes (D3) et peut être la somme:

$$R_O = R_M + R_C + R_W + R_Z \quad (11)$$

Pour les composantes des risques et leurs compositions telles qu'indiquées ci-dessus, se reporter au Tableau 9.

#### 4.4 Compositions des composantes de risque liées aux services

Les composantes des risques à prendre en compte pour chaque type de perte dans un service sont données ci-dessous:

$R'_2$ : risque de perte de service public:

$$R'_2 = R'_V + R'_W + R'_Z + R'_B + R'_C \quad (12)$$

$R'_4$ : risque de perte de valeurs économiques:

$$R'_4 = R'_V + R'_W + R'_Z + R'_B + R'_C \quad (13)$$

Les composantes des risques à prendre en compte pour chaque type de perte dans un service sont données au Tableau 4.

Tableau 4 – Composantes de risques à prendre en compte pour chaque type de perte dans un service

Source de dommage	Coup de foudre direct sur le service S3		Coup de foudre frappant à proximité du service S4	Coup de foudre frappant la structure S1	
Composante du risque	$R'_V$	$R'_W$	$R'_Z$	$R'_B$	$R'_C$
Risque pour chaque type de perte:					
$R'_2$	*	*	*	*	*
$R'_4$	*	*	*	*	*

##### 4.4.1 Composition des composantes de risque par rapport à la source de dommages

$$R' = R'_D + R'_I \quad (14)$$

où

$R'_D$  est le risque dû aux coups de foudre frappant le service (source S3) et qui est la somme:

$$R'_D = R'_V + R'_W \quad (15)$$

$R'_I$  est le risque dû aux impacts ne frappant pas le service (sources: S1 et S4) mais qui ont une influence sur elle et qui peut être la somme:

$$R'_I = R'_B + R'_C + R'_Z \quad (16)$$

Pour les compositions des composantes de risques pour un service comme ci-dessus, se reporter au Tableau 11.

#### 4.4.2 Composition des composantes de risque par rapport au type de dommages

$$R' = R'_F + R'_O \quad (17)$$

où

$R'_F$  est le risque dû aux dommages physiques (D2) défini comme la somme:

$$R'_F = R'_V + R'_B \quad (18)$$

$R'_O$  est le risque dû aux défaillances des réseaux internes (D3) et il peut être la somme:

$$R'_O = R'_W + R'_Z + R'_C \quad (19)$$

Pour les compositions des composantes de risques pour un service comme ci-dessus, se reporter au Tableau 11.

#### 4.5 Facteurs d'influence des composantes de risque

##### 4.5.1 Facteurs d'influence des composantes de risque dans une structure

Les caractéristiques de la structure et les mesures éventuelles de protection influençant les composantes de risque sont données dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Facteurs d'influence des composantes de risque dans une structure

Caractéristiques de la structure ou du système interne	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Mesures de protection								
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 <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			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

<sup>1)</sup> Dans le cas de SPF naturel ou normalisé avec une distance entre conducteurs de descente inférieures à 10 m ou si une séparation physique n'est pas prévue, le risque lié à des blessures pour les êtres vivants dû à des tensions de contact et de pas est négligeable.

<sup>2)</sup> Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

<sup>3)</sup> En raison des équipotentialités.

#### 4.5.2 Facteurs d'influence des composantes de risque dans un service

Les caractéristiques du service, de la structure connectée et les mesures de protection éventuelles influençant les composantes de risque sont données au Tableau 6.

Tableau 6 – Facteurs d'influence des composantes de risque dans un service

Caractéristiques de service Mesure de protection	$R'_{V}$	$R'_{W}$	$R'_{Z}$	$R'_{B}$	$R'_{C}$
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X
Ecran de câble	X	X	X	X	X
Câble de protection contre la foudre	X	X	X	X	X
Conduit de protection contre la foudre	X	X	X	X	X
Conducteurs écrantés supplémentaires	X	X	X	X	X
Tension de tenue aux chocs	X	X	X	X	X
Parafoudre	X	X	X	X	X

## 5 Evaluation des risques

### 5.1 Procédure de base

La décision de protection contre la foudre d'une structure ou d'un service ainsi que le choix des mesures de protection doivent être effectués conformément à la CEI 62305-1. La procédure suivante doit être appliquée:

- identification de l'objet à protéger et de ses caractéristiques;
- identification de tous les types de pertes dans l'objet 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  $R_3$  pour une structure ( $R'_2$  pour un service) 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  $R_4$  pour une structure ( $R'_4$  pour un service) doit être réalisée pour évaluer ces coûts (voir Annexe G).

### 5.2 Structure à prendre en compte pour l'évaluation du risque

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 Article 6).

### 5.3 Service à prendre en compte pour l'évaluation du risque

Le service à protéger correspond aux moyens physiques compris entre:

- le local contenant l'autocommutateur et le local de l'utilisateur, ou deux locaux contenant un autocommutateur ou deux locaux de l'utilisateur, pour les réseaux de communication;
- le local contenant l'autocommutateur ou le local de l'utilisateur et le nœud de répartition ou entre deux nœuds de répartition pour les réseaux de communication;
- le poste à haute tension et le local de l'utilisateur, pour les réseaux d'énergie;
- le poste de distribution et le local de l'utilisateur, pour les canalisations.

Les services à protéger comprennent les équipements des lignes et les équipements terminaux tels que:

- multiplexeurs, amplificateurs, coupleurs optiques, compteurs, équipements terminaux, etc.;
- disjoncteurs, protections contre les surintensités, compteurs, etc.;
- systèmes de commande, systèmes de sécurité, compteurs, etc.

La protection n'englobe pas les équipements d'utilisateurs ou toute structure connectée aux extrémités du service.

### 5.4 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 7.

Tableau 7 – Valeurs types pour le risque tolérable  $R_T$

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

### 5.5 Procédure pour évaluer le besoin de protection

Conformément à la CEI 62305-1, les risques suivants doivent être pris en compte pour évaluer la nécessité de protection d'un objet contre la foudre:

- risques  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  pour une structure;
- risques  $R'_1$  et  $R'_2$  pour un service .

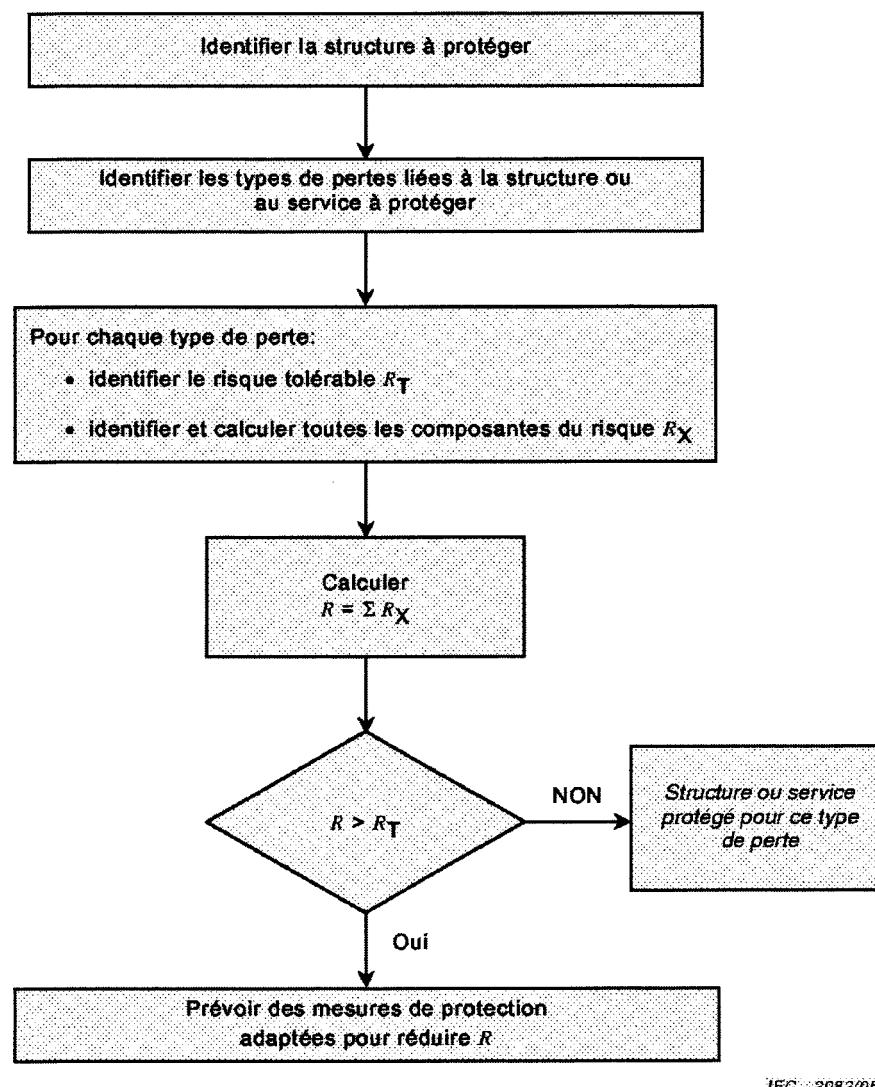
Pour chacun des risques à considérer, les étapes suivantes doivent être suivies:

- 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 l'objet est soumis.

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



IEC 2002/05

Figure 1 – Procédure pour la décision du besoin de protection

## 5.6 Procédure d'évaluation des impacts économiques de la protection

En plus de la nécessité d'une protection contre la foudre pour une structure ou pour un service, il peut être utile de s'assurer des bénéfices économiques de mise en œuvre de mesures de protection afin de réduire la perte économique L4.

L'évaluation des composantes du risque  $R_4$  pour une structure ( $R'_4$  pour un service) permet à l'utilisateur d'évaluer le coût des pertes économiques avec ou sans mesures de protection, comme indiqué à l'Annexe G.

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

- l'identification des composantes  $R_X$  constituant le risque  $R_4$  pour une structure ( $R'_4$  pour un service);
- le calcul des composantes du risque  $R_X$  identifiées, en l'absence de mesures de protection nouvelles ou supplémentaires;
- le calcul du coût des pertes dû à chacune des composantes  $R_X$ ;

- le calcul du coût  $C_L$  de la perte totale en l'absence de mesures de protection;
- l'adoption des mesures de protection sélectionnées;
- le calcul des composantes du risque  $R_X$  en présence de mesures de protection sélectionnées;
- le calcul du coût des pertes résiduelles dû à chacune des composantes du risque  $R_X$  dans la structure ou le service protégé;
- le calcul du coût total  $C_{RL}$  des pertes résiduelles en présence des mesures de protection;
- le calcul du coût annuel  $C_{PM}$  des mesures de protection sélectionnées;
- 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 ou du service.

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

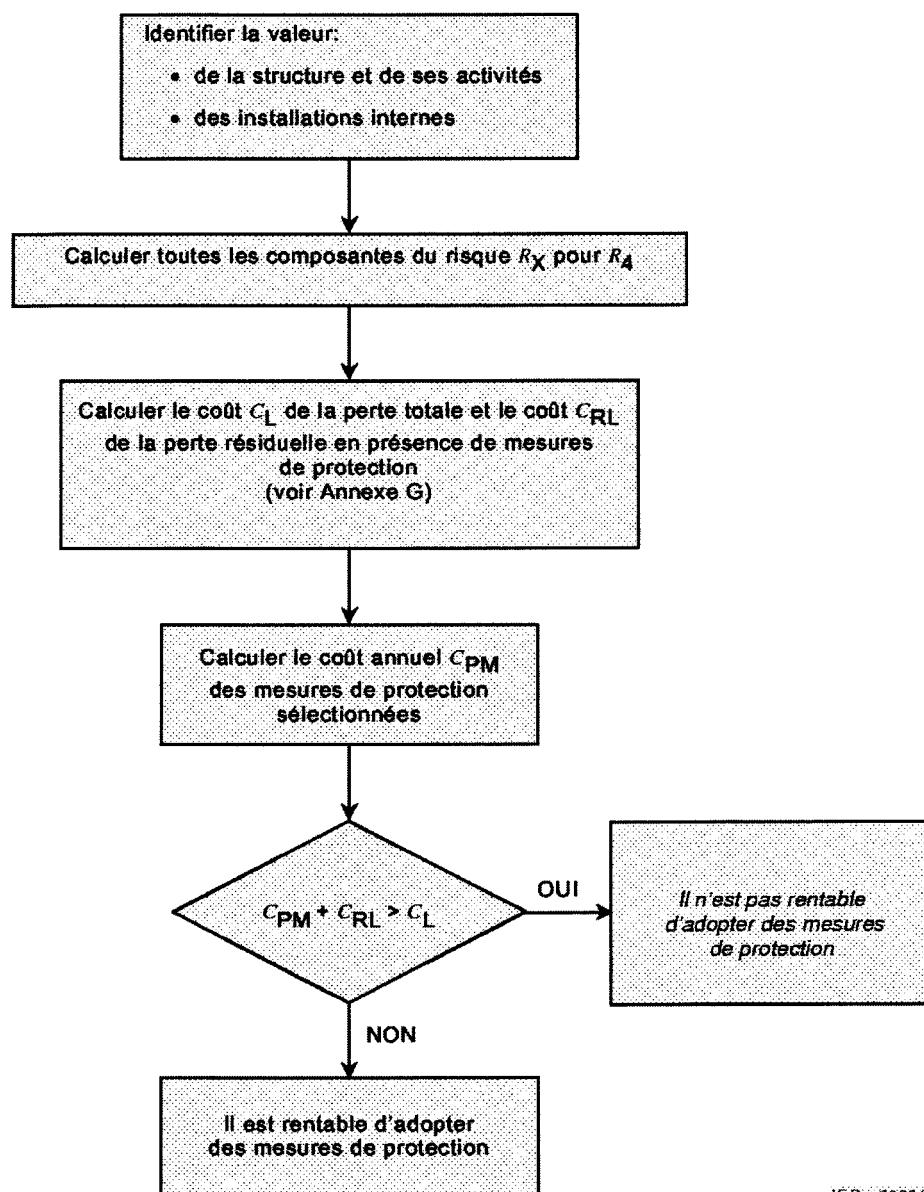


Figure 2 – Procédure pour la décision des impacts économiques des mesures de protection

### 5.7 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:

- CEI 62305-3 pour la protection afin de réduire les blessures aux êtres vivants et les dommages physiques dans une structure;
- CEI 62305-4 pour la protection contre les défaillances des réseaux internes;
- CEI 62305-5 pour la protection des services.

### 5.8 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 3 pour les structures et de la Figure 4 pour les services. 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.

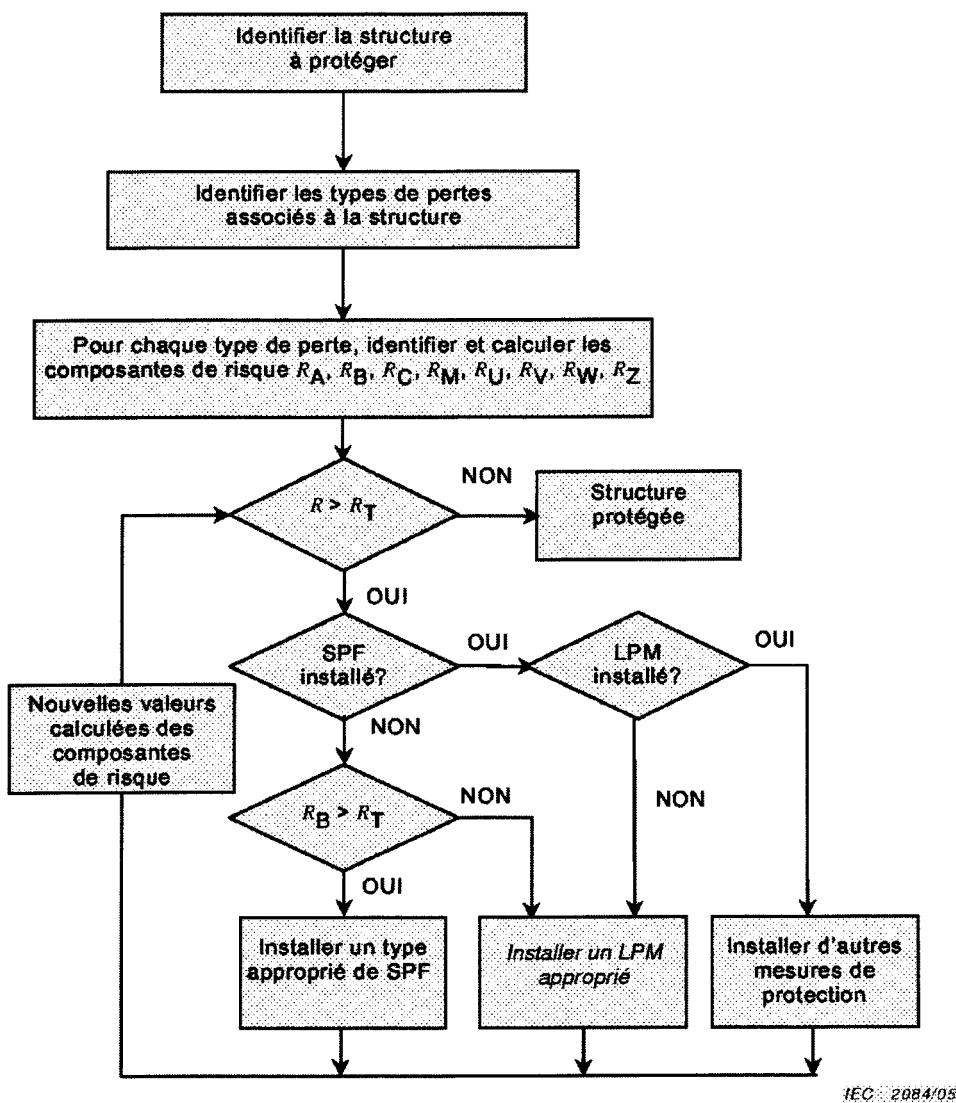


Figure 3 – Procédure pour le choix des mesures de protection dans les structures

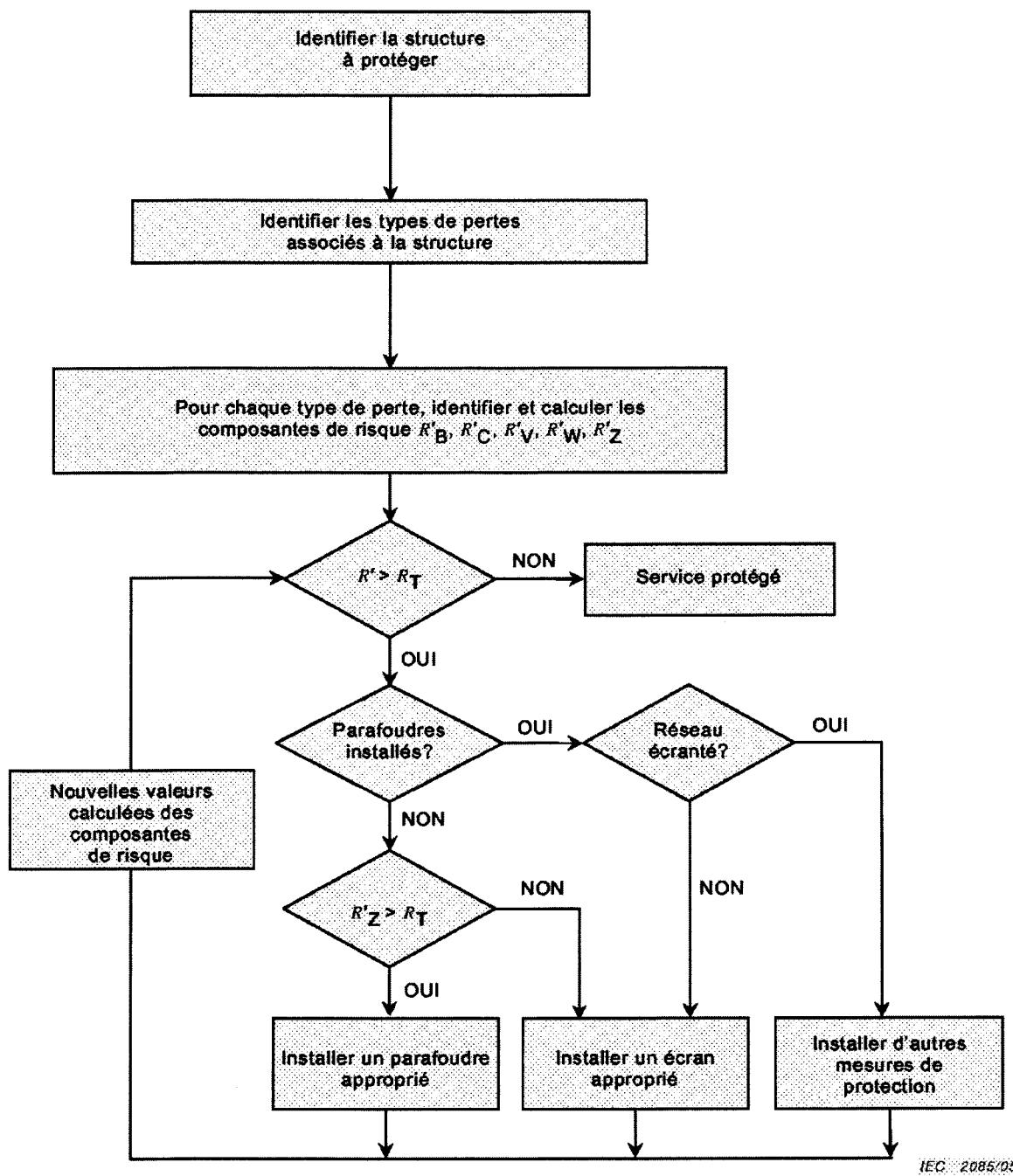


Figure 4 – Procédure pour le choix des mesures de protection dans les services

## 6 Evaluation des composantes du risque pour les structures

### 6.1 Equation de base

Chaque composante du risque  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ ,  $R_M$ ,  $R_U$ ,  $R_V$ ,  $R_W$  et  $R_Z$ , comme explicité à l'Article 4, peut être exprimée par l'équation générale suivante:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (20)$$

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).

NOTE 1 Le nombre  $N_X$  d'événements dangereux est affecté par: la densité de foudroiement ( $N_g$ ) et par les caractéristiques de l'objet à protéger, son entourage, le sol.

NOTE 2 La probabilité de dommage  $P_X$  est affectée par: les caractéristiques de l'objet à protéger et les mesures de protection fournies.

NOTE 3 La perte consécutive  $L_X$  est affectée par: l'utilisation assignée à l'objet, 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.

### 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 sur des êtres vivants (D1)

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (21)$$

- composantes associées aux dommages physiques (D2)

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (22)$$

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (23)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risques sont indiqués dans le Tableau 8.

### 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)

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (24)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de ce risque sont indiqués dans le Tableau 8.

#### 6.4 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur une ligne connectée à la structure (S3)

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

- composantes associées aux blessures sur des êtres vivants (D1)

$$R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times L_U \quad (25)$$

- composantes associées aux dommages physiques (D2)

$$R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times L_V \quad (26)$$

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_W = (N_L + N_{Da}) \times P_W \times L_W \quad (27)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risques sont indiqués dans le Tableau 8.

Si la ligne a plusieurs sections (voir 7.6), 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 la ligne. Les sections à considérer sont celles entre la structure et le premier nœud de la distribution.

Dans le cas de structures avec plusieurs lignes connectées avec des cheminements différents, les calculs doivent être effectués pour chaque ligne.

#### 6.5 Evaluation de la composante du risque dû aux impacts à proximité d'une ligne connectée à la structure (S4)

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

- composantes associées aux défaillances des réseaux internes (D3)

$$R_Z = (N_I - N_L) \times P_Z \times L_Z \quad (28)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risques sont indiqués dans le Tableau 8.

Si la ligne a plusieurs sections (voir 7.6), la valeur de  $R_Z$  est la somme des composantes  $R_Z$  concernant chaque section de la ligne. Les sections à considérer sont celles entre la structure et le premier nœud de la distribution.

NOTE Dans le cas de lignes de communication, se reporter à la Recommandation UIT K.46.

Dans le cas de structures avec plusieurs lignes connectées avec des cheminements différents, les calculs doivent être effectués pour chaque ligne.

Si  $(N_I - N_L) < 0$ , alors on estime que  $(N_I - N_L) = 0$ .

Tableau 8 – Paramètres associés à l'évaluation des composantes de risque pour les structures

Symbol	Dénomination	Valeur selon
Nombre annuel moyen d'événements dangereux dus aux impacts		
$N_D$	– sur la structure	Article A.2
$N_M$	– à proximité de la structure	Article A.3
$N_L$	– sur une ligne entrant dans la structure	Article A.4
$N_I$	– à proximité d'une ligne entrant dans la structure	Article A.4
$N_{Da}$	– sur la structure à l'extrémité "a" de la ligne (voir Figure 5)	Article A.2
Probabilité qu'un impact sur la structure causera		
$P_A$	– des blessures sur les êtres vivants	Article B.1
$P_B$	– des dommages physiques	Article B.2
$P_C$	– des défaillances des réseaux internes	Article B.3
Probabilité qu'un impact à proximité de la structure causera		
$P_M$	– des défaillances des réseaux internes	Article B.4
Probabilité qu'un impact sur une ligne causera		
$P_U$	– des blessures sur les êtres vivants	Article B.5
$P_V$	– des dommages physiques	Article B.6
$P_W$	– des défaillances des réseaux internes	Article B.7
Probabilité qu'un impact à proximité d'une ligne causera		
$P_Z$	– des défaillances des réseaux internes	Article B.8
Pertes dues à		
$L_A = L_U = r_a \times L_1$	– des blessures sur les êtres vivants	Article C.2
$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_Z \times L_f$	– des dommages physiques	Articles C.2, C.3, C.4, C.5
$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o$	– des défaillances des réseaux internes	Articles C.2, C.3, C.5
NOTE Les valeurs de pertes $L_b$ , $L_b$ , $L_o$ ; et les facteurs $r_p$ , $r_a$ , $r_u$ , $r_f$ réduisant la perte et le facteur $h_Z$ augmentant la perte sont indiqués à l'Annexe C et aux Tableaux C.2, C.3, C.4 et C.5.		

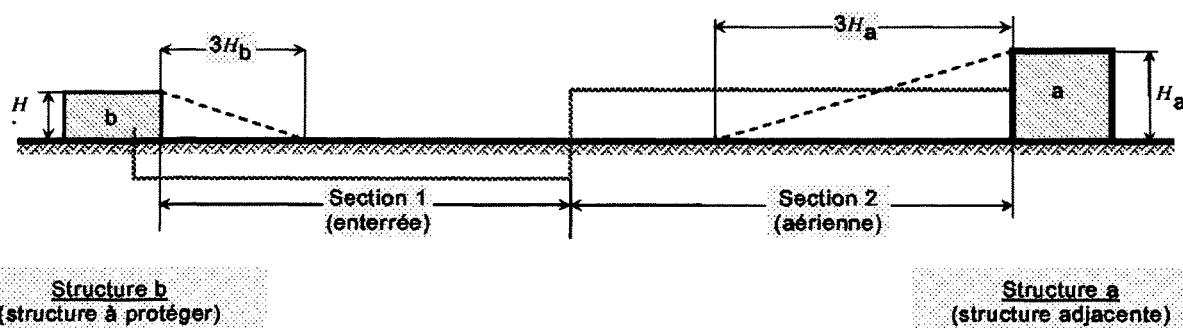


Figure 5 – Structures aux extrémités de lignes: à l'extrémité «b» d'une structure à protéger (structure b) et à l'extrémité «a» d'une structure adjacente (structure a)

## 6.6 Synthèse des composantes du risque dans une structure

Les composantes des risques dans les structures sont récapitulées dans le Tableau 9, en fonction des différents types de dommages et des différentes sources de dommages.

Tableau 9 – Composantes du risque dans une structure pour différents types de dommages causés par différentes sources

Source de dommage 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	Risque résultant en fonction du type de dommage
D1 Blessures d'êtres vivants	$R_A = N_D \times P_A \times r_a \times L_t$		$R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$		$R_S = R_A + R_U$
D2 Dommages physiques	$R_B = N_D \times P_B \times r_p \times h_Z \times r_f \times L_f$		$R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times r_p \times h_Z \times r_f \times L_f$		$R_F = R_B + R_V$
D3 Défaillance des réseaux électriques et électroniques	$R_C = N_D \times P_C \times L_o$	$R_M = N_M \times P_M \times L_o$	$R_W = (N_L + N_{Da}) \times P_W \times L_o$	$R_Z = (N_f - N_L) \times P_Z \times L_o$	$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$
Risque résultant en fonction de la source de dommage	$R_D = R_A + R_B + R_C$		$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$		

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 risques associées aux zones  $Z_S$  qui constituent la structure.

## 6.7 Partition d'une structure en zones $Z_S$

Pour évaluer chaque composante du risque, la structure peut être divisée en parties présentant des caractéristiques homogènes (zones)  $Z_S$ . 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 du risque  $R_B$  et  $R_V$ ),
- les écrans spatiaux (composantes du risque  $R_C$  et  $R_M$ ).

D'autres zones peuvent être définies selon

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

## 6.8 Evaluation des composantes de risque dans une structure avec des zones $Z_S$

Les règles pour évaluer les composantes de risque sont fonction du type de risque.

### 6.8.1 Risques $R_1$ , $R_2$ et $R_3$

#### 6.8.1.1 Structure avec une seule zone

Dans le cas d'une seule zone  $Z_S$  définie dans la structure coïncidant avec l'ensemble de la structure, conformément à 6.7, le risque  $R$  est la somme des composantes de risque  $R_X$  dans la structure. 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 sont calculés conformément à l'Annexe A;
- les paramètres relatifs à la probabilité  $P$  de dommage sont 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:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times (1 - P_{C3}) \quad (29)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times (1 - P_{M3}) \quad (30)$$

ou  $P_{Ci}$ ,  $P_{Mi}$  sont les paramètres relatifs aux réseaux internes i.

- Pour les paramètres relatifs aux pertes  $L$ , on doit calculer  $L$  conformément à l'Annexe C.
- Les valeurs moyennes typiques de l'Annexe C peuvent être prises par défaut pour la zone selon l'utilisation de la structure.

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.

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.

#### 6.8.1.2 Structure à zones multiples

Dans ce cas, la structure est divisée en 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 des composantes de risque de la zone.

Pour l'évaluation des composantes de risque et le choix des paramètres appropriés, les règles de 6.8.1.1 s'appliquent.

Pour la répartition de la structure en zones, le concepteur doit prendre en compte les caractéristiques de chaque partie de la structure pour l'évaluation des composantes de risque et doit choisir les mesures de protection appropriées zone par zone, afin de réduire le coût total de la protection contre la foudre.

### 6.8.2 Risque $R_4$

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;
- un bien particulier de la structure.

Le coût des pertes dans une zone doit être évalué conformément à l'Annexe G. Le coût des pertes pour la structure est la somme des coûts des pertes des zones de la structure.

## 7 Evaluation des composantes du risque pour les services

### 7.1 Equation de base

Chaque composante de risque  $R'_V$ ,  $R'_W$ ,  $R'_Z$ ,  $R'_B$  et  $R'_C$ , comme expliqué à l'Article 4, peut être exprimée par l'équation générale suivante:

$$R'_X = N_X \times P'_X \times L'_X \quad (31)$$

où

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

$P'_X$  est la probabilité de dommages (voir aussi l'Annexe D);

$L'_X$  est la perte consécutive (voir aussi l'Annexe E).

### 7.2 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur un service (S3)

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

- composantes associées aux dommages physiques (D2)

$$R'_V = N_L \times P'_V \times L'_V \quad (32)$$

- composantes associées aux défaillances des matériels connectés (D3)

$$R'_W = N_L \times P'_W \times L'_W \quad (33)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de risques sont indiqués dans le Tableau 10.

7.3 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts à proximité d'un service (S4)

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

- composantes associées aux défaillances des matériels connectés (D3)

$$R'_Z = (N_I - N_L) P'_Z L'_Z \quad (34)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de ce risque sont indiqués dans le Tableau 10.

Pour l'évaluation, si  $(N_I - N_L) < 0$ , on estime que  $(N_I - N_L) = 0$ .

7.4 Evaluation des composantes du risque dû aux impacts sur les structures connectées au service (S1)

Pour l'évaluation des composantes du risque associé aux impacts sur chaque structure connectée au service, la relation suivante s'applique à la section du service connecté à la structure:

- composantes associées aux dommages physiques (D2)

$$R'_B = N_D P'_B L'_B \quad (35)$$

- composantes associées aux défaillances des matériels D3)

$$R'_C = N_D \times P'_C \times L'_C \quad (36)$$

Les paramètres pour l'évaluation de ces composantes de ce risque sont indiqués dans le Tableau 10.

Tableau 10 – Paramètres associés à l'évaluation des composantes de risque pour les services

Symbol	Dénomination	Valeur selon
Nombre annuel moyen d'impacts		
$N_D$	- sur la structure connectée au service	Article A.2
$N_L$	- sur le service	Article A.4
$N_I$	- à proximité du service	Article A.5
Probabilité qu'un impact sur la structure adjacente causera		
$P'_B$	- des dommages physiques	Paragraphe D.1.1
$P'_C$	- des défaillances du service connecté	Paragraphe D.1.1
Probabilité qu'un impact sur le service causera		
$P'_V$	- des dommages physiques	Paragraphe D.1.2
$P'_W$	- des défaillances du service connecté	Paragraphe D.1.2
Probabilité qu'un impact à proximité d'un service causera		
$P'_Z$	- des défaillances du service connecté	Paragraphe D.1.3
Pertes dues		
$L'_B = L'_V = L'_f$	- aux dommages physiques	Tableau E.1, Equation (E.2)
$L'_C = L'_W = L'_z = L'_0$	- des défaillances du service connecté	Tableau E.1, Equation (E.3)

## 7.5 Synthèse des composantes du risque dans un service

Les composantes des risques dans les services sont récapitulées dans le Tableau 11, en fonction des différents types de dommages et des différentes sources de dommages.

Tableau 11 – Composantes du risque dans un service pour différents types de dommages causés par différentes sources

Dommage	Source de dommage	S3 Impact sur un service	S4 Impact à proximité d'un service	S1 Impact sur une structure	Risque résultant en fonction du type de dommage
D2 Dommages physiques		$R'V = N_L \times P'_V \times L'_V$		$R'_B = N_D \times P'_B \times L'_B$	$R_F = R'_V + R'_B$
D3 Défaillance des réseaux électriques et électroniques		$R'_W = N_L \times P'_W \times L'_W$	$R'_Z = (N_{Ll} - N_{Li}) \times P'_Z \times L'_o$	$R'_C = N_D \times P'_C \times L'_C$	$R_O = R'_Z + R'_W + R'_C$
Risque résultant en fonction de la source de dommage		$R_D = R'_V + R'_W$		$R_I = R'_Z + R'_B + R'_C$	

Si le service est divisé en sections  $S_S$  (voir 7.6), les composantes de risque  $R'_V$ ,  $R'_W$  et  $R'_Z$  du service doivent être évaluées comme la somme des composantes appropriées du risque de chaque section du service.

La composante du risque  $R'_Z$  doit être calculée pour chaque point de transition (voir la CEI 62305-5) du service et la valeur la plus élevée doit être prise comme valeur de  $R'_Z$ .

NOTE Des informations détaillées pour les lignes de communication sont données dans la Recommandation UIT K.46.

Les composantes du risque  $R'_B$ ,  $R'_C$  du service doivent être évaluées comme la somme des composantes appropriées du risque pour chaque structure connectée au service.

Le risque total  $R$  du service est la somme des composantes du risque  $R'_B$ ,  $R'_C$ ,  $R'_V$ ,  $R'_W$  et  $R'_Z$ .

## 7.6 Partition d'un service en sections $S_S$

Pour l'évaluation de chaque composante du risque, un service peut être divisé en sections  $S_S$ . Toutefois, un service peut être constitué d'une section unique ou estimée comme telle.

Pour toutes les composantes du risque ( $R'_B$ ,  $R'_C$ ,  $R'_V$ ,  $R'_W$ ,  $R'_Z$ ), les sections  $S_S$  sont essentiellement définies par:

- type de service (aérien ou enterré);
- facteurs affectant la surface équivalente d'exposition ( $C_d$ ,  $C_e$ ,  $C_t$ );
- caractéristiques du service (type d'isolation de câble, résistance d'écran).

D'autres sections peuvent être définies selon:

- le type d'appareil connecté;
- des mesures de protection existantes ou à prévoir.

**Il convient que la partition du service en sections tienne compte de la faisabilité des mesures de protection les plus appropriées.**

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

**L'opérateur ou le propriétaire du réseau du service doit évaluer le montant relatif des pertes attendues du service par années. Si cette évaluation ne peut pas être réalisée, des valeurs représentatives sont suggérées à l'Annexe E.**

## Annexe A (informative)

### Evaluation du nombre annuel $N$ d'événements dangereux

#### A.1 Généralités

Le nombre annuel  $N$  de coups de foudre dangereux intéressant un objet à protéger dépend de l'activité orageuse de la région où se situe l'objet et de ses caractéristiques physiques. Il est généralement admis d'évaluer le nombre  $N$  en multipliant la densité de foudroiement ( $N_g$ ) par la surface équivalente de l'objet et en prenant en compte le facteur de correction des caractéristiques physiques de l'objet.

La densité de foudroiement  $N_g$ , est le nombre de coups par  $\text{km}^2$  et par an. Cette valeur peut être 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 kérauniques).

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

Les événements qui peuvent être considérés comme dangereux pour un service à protéger sont

- les impacts sur le service,
- les impacts à proximité du service,
- les impacts sur la structure connectée au service.

#### A.2 Evaluation du nombre annuel moyen des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure $N_D$ et sur une structure connectée à l'extrémité "a" d'une ligne $N_{Da}$

##### A.2.1 Détermination de la surface équivalente $A_d$

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 d'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.

### 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:

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times \pi \times (H)^2 \quad (\text{A.2})$$

avec  $L$ ,  $W$  et  $H$  exprimés en mètres (voir la Figure A.1).

NOTE Une évaluation plus précise pourrait 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  $3H$  de la structure.

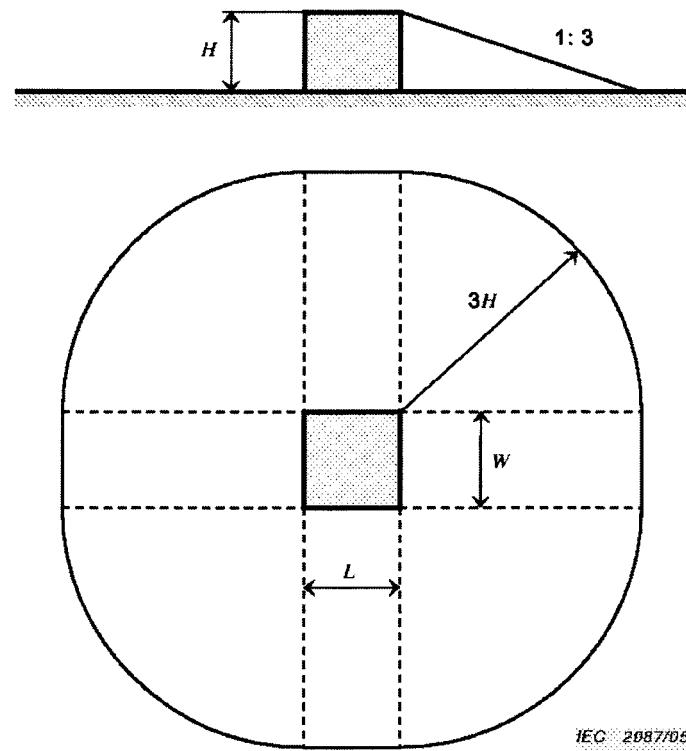


Figure A.1 – Surface équivalente d'exposition  $A_d$  d'une structure isolée

#### A.2.1.1 Structure 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), car les différences entre la dimension maximale  $A_{d\max}$  et la dimension minimale  $A_{d\min}$  peuvent se révéler trop importantes (voir Tableau A.1).

Une valeur approximative acceptable de la surface équivalente est le maximum entre  $A_{d\min}$  et la surface équivalente attribuée à la toiture en pointe élevée  $A'_d$ .  $A'_d$  peut être calculé avec:

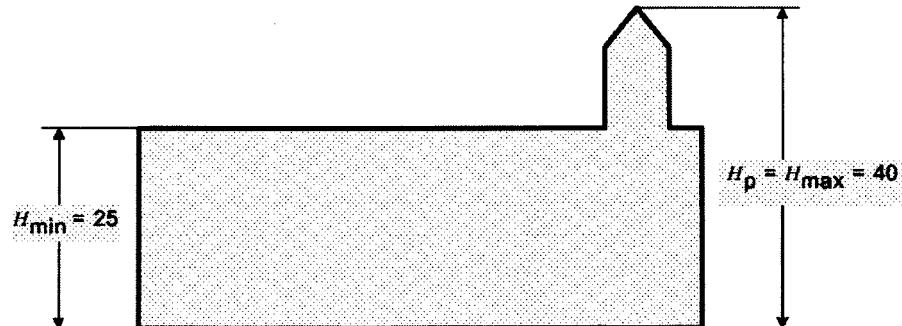
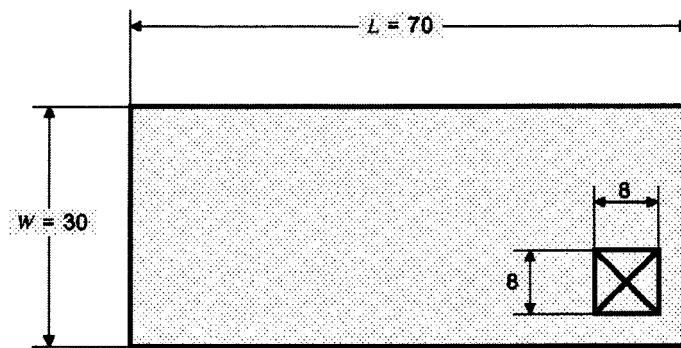
$$A'_d = 9\pi \times (H_p)^2 \quad (\text{A.3})$$

où  $H_p$  est la hauteur de la pointe.

Les différentes valeurs de la surface équivalente d'exposition selon la méthode d'évaluation précédente sont données au Tableau A.1.

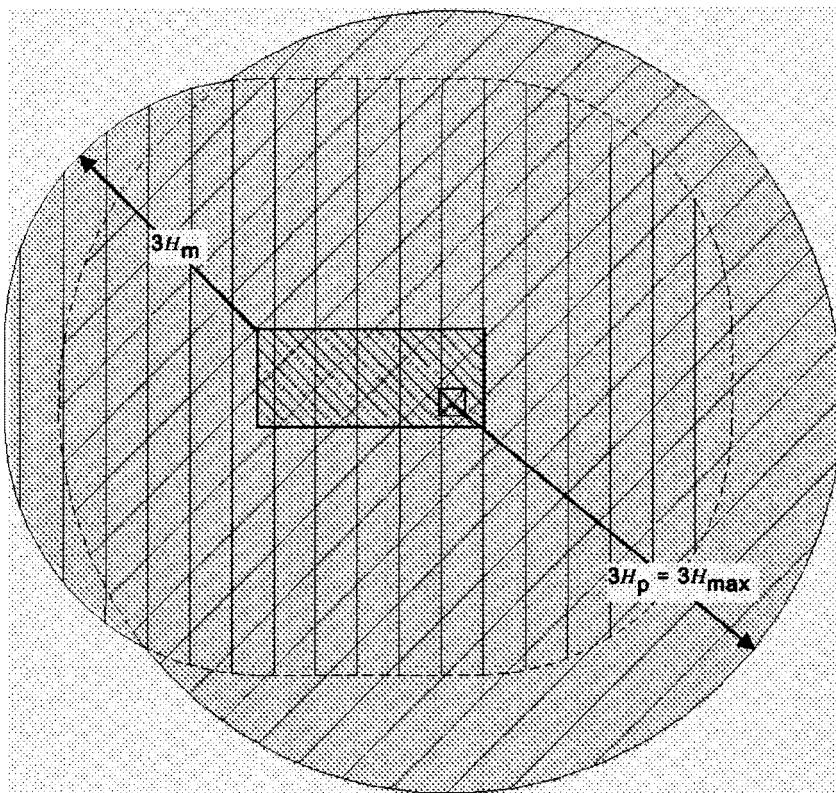
Tableau A.1 – Valeurs de la surface équivalente selon la méthode d'évaluation

	Méthode graphique	Structure (dimensions max.)	Structure (dimensions min.)	Pointe $H_p$
Dimensions m ( $L, l, H$ )	Voir Figure A.2	$70 \times 30 \times 40$	$70 \times 30 \times 25$	40
$m^2$	$A_d = 47\ 700$	$A_{d\max} = 71\ 316$	$A_{d\min} = 34\ 770$ Voir Figure A.3	$A'_d = 45\ 240$ Voir Figure A.3



IEC 2008/05

Figure A.2 – Structure de forme complexe



$A_{d\min}$  Rectangular structure with  $H = H_{\min}$  Formula (A.3)

$A'_d$  Protrusion with  $H = H_p = H_{\max}$  Formula (A.4)

$A_d$  Collection area determined using the graphic method.

IEC 2089/05

Figure A.3 – Différentes méthodes de détermination de la zone équivalente d'exposition de la structure de la Figure A.2

#### A.2.1.2 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 équivalentes;
- la propagation des surtensions le long des lignes communes, s'il y en a, est évitée au moyen d'un parafoudre installé au point d'entrée de telles lignes dans la structure ou au moyen d'autres mesures de protection équivalentes.

NOTE Pour la définition et des informations sur REI, voir le Journal Officiel des Communautés Européennes 1994/28/02, n.C 62/63.

Lorsque ces conditions sont satisfaites, les dimensions de l'ensemble du bâtiment B doivent être utilisées.

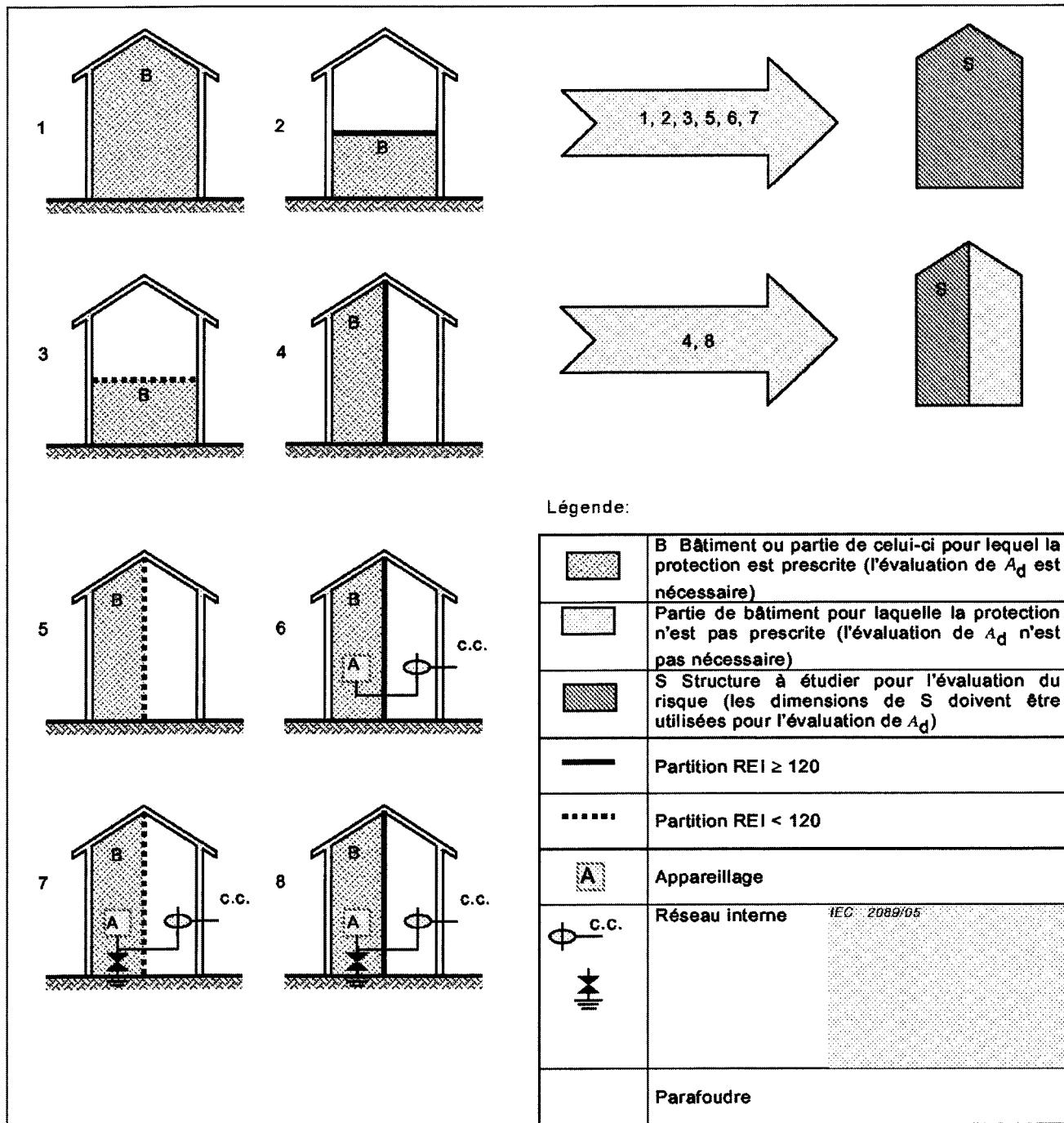


Figure A.4 – Structure à considérer pour l'évaluation de la surface équivalente d'exposition  $A_d$

IEC 2090/05

#### A.2.2 Emplacement relatif d'une structure

L'emplacement relatif d'une structure dépend des objets environnants ou de l'exposition de la structure pris en compte par un facteur d'emplacement  $C_d$  (voir Tableau A.2).

Tableau A.2 – Facteur d'emplacement  $C_d$

Emplacement relatif	$C_d$
Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres	0,25
Objets entourés par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	0,5
Objet isolé: pas d'autres objets à proximité	1
Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	2

A.2.3 Nombre d'événements dangereux  $N_D$  pour une structure (extrémité «b» d'un service)

$N_D$  peut être évalué comme le produit:

$$N_D = N_g \times A_{d/b} \times C_{d/b} \times 10^{-6} \quad (\text{A.4})$$

où

$N_g$  est la densité de foudroiement (1//km<sup>2</sup>/an);

$A_{d/b}$  est la surface équivalente d'exposition de la structure isolée (m<sup>2</sup>) (voir Figure A.1);

$C_{d/b}$  est le facteur prenant en compte l'influence de l'emplacement relatif de l'objet à protéger (voir Tableau A.2).

A.2.4 Nombre d'événements dangereux  $N_{Da}$  pour une structure adjacente (extrémité «a» d'un service)

Le nombre annuel moyen d'événements dangereux  $N_{Da}$  dus à des impacts sur une structure à l'extrémité «a» d'une ligne (voir 6.5 et Figure 5) peut être évalué comme le produit:

$$N_{Da} = N_g \times A_{d/a} \times C_{d/a} \times C_t \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

où

$N_g$  est la densité de foudroiement (1//km<sup>2</sup>/an);

$A_{d/a}$  est la surface équivalente d'exposition de la structure isolée adjacente (m<sup>2</sup>) (voir Figure A.1);

$C_{d/a}$  est le facteur prenant en compte l'influence de l'emplacement de la structure adjacente (voir Tableau A.2);

$C_t$  est le facteur de correction dû à la présence d'un transformateur HT/BT sur le service auquel la structure est connectée, situé entre le point d'impact et la structure (voir Tableau A.4). Ce facteur s'applique aux sections de lignes en amont du transformateur selon la structure.

A.3 Evaluation des événements annuels moyens dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure  $N_M$

$N_M$  peut être évalué comme le produit:

$$N_M = N_g \times (A_m - A_{d/b} C_{d/b}) \times 10^{-6} \quad (\text{A.6})$$

où

$N_g$  est la densité de foudroiement (coups/km<sup>2</sup>/an);

$A_m$  est la zone d'influence pour les impacts à proximité d'une structure (m<sup>2</sup>).

La zone d'influence d'une structure  $A_m$  s'étend jusqu'à une ligne distante de 250 m de la périphérie de la structure (voir Figure A.5).

Si  $N_M < 0$ ,  $N_M = 0$  doit être utilisé pour l'évaluation.

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

Pour le service d'une seule section,  $N_L$  peut être évalué par:

$$N_L = N_g \times A_l \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \quad (\text{A.7})$$

où

$N_g$  est la densité de foudroiement (nombre de coups/km<sup>2</sup>/an);

$A_l$  est la surface équivalente d'exposition des coups de foudre sur le service (m<sup>2</sup>) (voir Tableau A.3 et Figure A.5);

$C_d$  est le facteur d'emplacement du service (voir Tableau A.2);

$C_t$  est le facteur de correction dû à la présence d'un transformateur HT/BT situé entre le point d'impact et la structure (voir Tableau A.4). Ce facteur s'applique aux sections de ligne en amont du transformateur par rapport à la structure.

Tableau A.3 – Zones équivalentes d'exposition  $A_l$  et  $A_i$   
en fonction des caractéristiques du service

	Aérien	Enterré
$A_l$	$(L_c - 3(H_a + H_b)) 6 H_c$	$(L_c - 3(H_a + H_b)) \sqrt{\rho}$
$A_i$	$1\ 000 L_c$	$25 L_c \sqrt{\rho}$

où

$A_l$  est la surface équivalente d'exposition des coups de foudre sur le service (m<sup>2</sup>);

$A_i$  est la surface équivalente d'exposition des coups de foudre à proximité du service (m<sup>2</sup>);

$H_c$  est la hauteur des conducteurs de service au-dessus du sol (m);

$L_c$  est la longueur du service de la structure au premier nœud de distribution (m). Une valeur maximale  $L_c = 1\ 000$  m peut être prise;

$H_a$  est la hauteur de la structure connectée à l'extrémité «a» de service(m);

- $H_b$  est la hauteur de la structure connectée à l'extrémité «b» de service (m).  
 $\rho$  est la résistivité du sol lorsque le service est enterré ( $\Omega\text{m}$ ). Il convient d'estimer la valeur maximale  $\rho = 500 \Omega\text{m}$ .

Pour les besoins de ce calcul:

- lorsque la valeur de  $L_c$  est inconnue, on estime que  $L_c = 1\ 000\text{ m}$ ;
- lorsque la valeur de résistivité du sol est inconnue, on présume que  $\rho = 500\ \Omega\text{m}$ ;
- pour les câbles enterrés qui sont entièrement posés dans un réseau maillé de terre, la surface équivalente d'exposition peut être estimée à  $A_i = A_l = 0$ ;
- la structure à protéger doit être estimée comme étant connectée à l'extrémité «b» du service.

NOTE Une évaluation plus précise des surfaces équivalentes d'exposition  $A_i$  et  $A_l$  peut être trouvée dans les Recommandations UIT K.46 et K.47.

Tableau A.4 – Facteur de transformateur  $C_t$

Transformateur	$C_t$
Service avec transformateur à deux enroulements	0,2
Service uniquement	1

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

Pour un service à une seule section (aérienne, enterrée, écrantée, non écrantée, etc.), la valeur de  $N_l$  peut être évaluée par

$$N_l = N_g \times A_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6} \quad (\text{A.8})$$

où

- $N_g$  est la densité de foudroiement (nombre de coups/ $\text{km}^2/\text{an}$ );  
 $A_i$  est la surface équivalente d'exposition des coups de foudre au sol à proximité du service ( $\text{m}^2$ ) (voir Tableau A.3 et Figure A.5);  
 $C_e$  est le facteur d'environnement (voir Tableau A.5);  
 $C_t$  est le facteur de correction dû à la présence d'un transformateur HT/BT situé entre le point d'impact et la structure (voir Tableau A.4). Ce facteur s'applique aux sections de ligne en amont du transformateur par rapport à la structure.

Tableau A.5 – Facteur d'environnement  $C_e$

Environnement	$C_e$
Urbain avec bâtiments de grande hauteur <sup>1)</sup>	0
Urbain <sup>2)</sup>	0,1
Suburbain <sup>3)</sup>	0,5
Rural	1

<sup>1)</sup> Hauteur des bâtiments supérieure à 20 m.  
<sup>2)</sup> Hauteur des bâtiments entre 10 m et 20 m.  
<sup>3)</sup> Hauteur des bâtiments inférieure à 10 m.

NOTE La zone d'exposition équivalente  $A_i$  du service est définie par sa longueur  $L_c$  et par la distance latérale  $D_i$  (voir Figure A.5) à laquelle un éclair à proximité d'un service peut causer des surtensions induites d'au moins 1,5 kV.

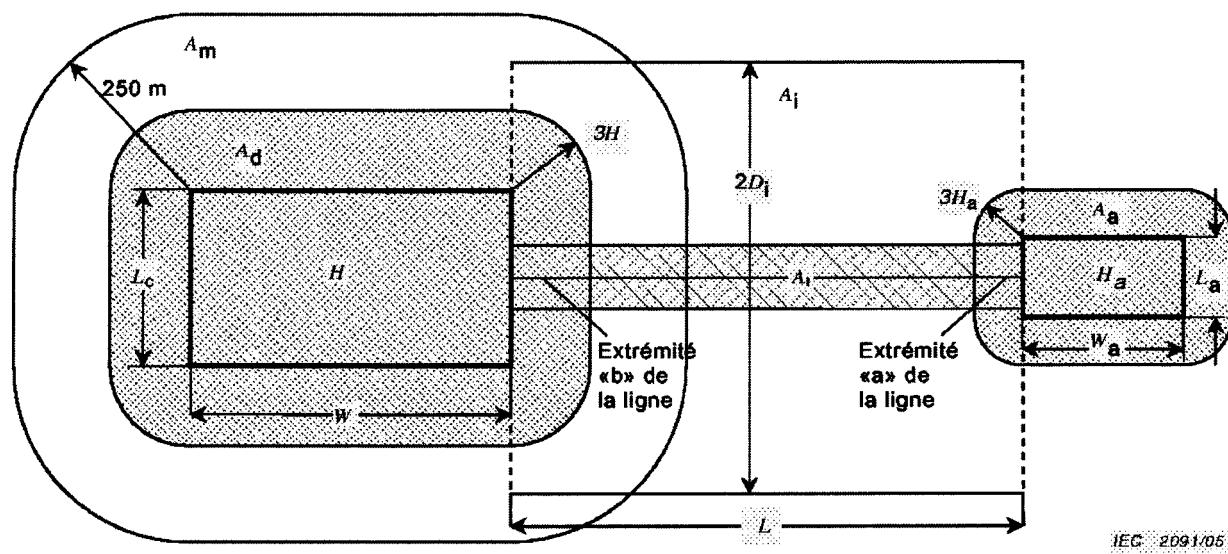


Figure A.5 – Surfaces équivalentes d'exposition ( $A_d$ ,  $A_m$ ,  $A_l$ ,  $A_i$ )

## Annexe B (informative)

### Evaluation de la probabilité de dommages $P_x$ d'une structure

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

- la CEI 62305-3 pour les mesures de protection réduisant les blessures des êtres vivants et les dommages physiques;
- la CEI 62305-4 pour les mesures de protection réduisant la défaillance 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.1 Probabilité $P_A$ pour qu'un impact sur la structure entraîne des blessures sur les êtres vivants

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 sont données dans le Tableau B.1, en fonction des mesures de protection typiques.

Tableau B.1 – Valeurs de probabilité  $P_A$  pour qu'un impact sur la structure entraîne des chocs sur des êtres vivants dus à des tensions de contact et de pas

Mesure de protection	$P_A$
Pas de mesures de protection	1
Isolation électrique du conducteur exposé (par exemple au moins 3 mm de polyéthylène réticulé)	$10^{-2}$
Sol équipotentiel efficace	$10^{-2}$
Plaques d'avertissement	$10^{-1}$

Si plusieurs mesures de protection ont été prises, la valeur de  $P_A$  est le produit des valeurs correspondantes de  $P_A$ .

NOTE 1 Pour plus d'informations, voir 8.1 et 8.2 de la CEI 62305-3.

NOTE 2 Si les armatures ou les entourages sont utilisés comme conducteurs de descente, ou si des restrictions physiques sont présentes, la valeur de  $P_A$  est négligeable.

#### B.2 Probabilité $P_B$ pour qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques

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 type de niveau de protection (NPF).

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

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

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

### B.3 Probabilité $P_C$ pour qu'un impact sur une structure entraîne des défaillances des réseaux internes

Les valeurs de probabilité  $P_C$  de défaillances des réseaux internes dues à un impact sur une structure dépendent des parafoudres coordonnés qui ont été adoptés:

$$P_C = P_{SPD} \quad (B.1)$$

Les valeurs de  $P_{SPD}$  dépendent du niveau de protection (NPF) pour lesquels les parafoudres sont conçus comme indiqué dans le Tableau B.3.

Tableau B.3 – Valeur de probabilité  $P_{SPD}$  en fonction des niveaux de protection pour lesquels le parafoudre est conçu

Niveau de protection	$P_{SPD}$
Pas de parafoudres coordonnés	1
III-IV	0,03
II	0,02
I	0,01
NOTE 3	0,005 – 0,001

NOTE 1 Seule une protection coordonnée par parafoudre 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 en béton armé continues agissant comme descentes naturelles, y compris lorsque les équipotentielles et la mise à la terre satisfont à la CEI 62305-3.

NOTE 2 Les réseaux internes écrantés connectés aux lignes extérieures avec câble armé ou équipées de tubes ou conduits métalliques, peuvent ne pas nécessiter l'utilisation de parafoudres coordonnés.

NOTE 3 Des valeurs plus faibles de  $P_{SPD}$  sont possibles si les parafoudres présentent des caractéristiques supérieures (courant élevé, tenue aux chocs, niveau de protection plus faible) à celles d'un niveau de protection I pour la même installation.

B.4 Probabilité  $P_M$  pour qu'un impact à proximité d'une structure entraîne des défaillances des réseaux internes

La probabilité  $P_M$  de défaillances des réseaux internes dues à un impact à proximité d'une structure dépend des mesures de protection contre la foudre qui ont été adoptées, en tenant compte du facteur  $K_{MS}$ .

Si une mesure de protection coordonnée conformément à la CEI 62305-4 n'est pas prévue, la valeur de  $P_M$  est prise égale à  $P_{MS}$ .

Les valeurs de  $P_{MS}$ , en fonction de  $K_{MS}$  sont données au Tableau B.4, où  $K_{MS}$  est un facteur prenant en compte les performances des mesures de protection adoptées.

Si une mesure de protection coordonnée conformément à la CEI 62305-4 est prévue, la valeur de  $P_M$  est la plus faible des valeurs de  $P_{SPD}$  et de  $P_{MS}$ .

Tableau B.4 – Valeur de la probabilité  $P_{MS}$  en fonction du facteur  $K_{MS}$

$K_{MS}$	$P_{MS}$
$\geq 0,4$	1
0,15	0,9
0,07	0,5
0,035	0,1
0,021	0,01
0,016	0,005
0,015	0,003
0,014	0,001
$\leq 0,013$	0,0001

Pour les réseaux internes dont les matériels ne répondent pas aux normes de produit applicables en matière d'immunité CEM, on doit prendre  $P_{MS} = 1$ .

Les valeurs du facteur  $K_{MS}$  sont obtenues à partir du produit:

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

où

- $K_{S1}$  prend en compte l'efficacité de l'écran de la structure, du SPF ou d'autres écrans à la limite ZPF 0/1;
- $K_{S2}$  prend en compte l'efficacité des écrans internes de la structure à la limite 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.

Dans une ZPF, à une distance de sécurité de l'écran de limite au moins égale à la taille de la maille  $w$ , les facteurs  $K_{S1}$  et  $K_{S2}$  pour le SPF ou pour les écrans spatiaux peuvent être évalués comme suit:

$$K_{S1} = K_{S2} = 0,12 \times w \quad (\text{B.3})$$

où  $w$  (m) est la taille de la maille de l'écran spatial 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 de 0,1 mm à 0,5 mm,  $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4}$  à  $10^{-5}$ .

NOTE 1 Pour un réseau maillé conforme à la CEI 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 limite d'une ZPF et si les conducteurs écrantés 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  $w$  à 0,2  $w$ , 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 2 La valeur maximale de  $K_{S1}$  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 éranté – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles <sup>1)</sup>	1
Câble non éranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille <sup>2)</sup>	0,2
Câble non éranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles <sup>3)</sup>	0,02
Câble éranté avec résistance d'écran <sup>4)</sup> $5 < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$	0,001
Câble éranté avec résistance d'écran <sup>4)</sup> $1 \leq R_s < 5 \Omega/\text{km}$	0,000 2
Câble éranté avec résistance d'écran <sup>4)</sup> $R_s < 1 \Omega/\text{km}$	0,000 1

<sup>1)</sup> Boucles avec différents cheminements dans de grands bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 50 m<sup>2</sup>).

<sup>2)</sup> Boucles dans le même conduit ou boucles avec différents cheminements dans de petits bâtiments (surface de boucle de l'ordre de 10 m<sup>2</sup>).

<sup>3)</sup> Boucles dans le même câble (surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>).

<sup>4)</sup> Câble avec écran de résistance  $R_s$  ( $\Omega/\text{km}$ ) relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

Pour des canalisations cheminant de manière continue dans un conduit métallique continu relié à la borne d'équipotentialité à ses deux extrémités, les valeurs de  $K_{S3}$  doivent être multipliées par 0,1.

Le facteur  $K_{S4}$  doit être évalué comme suit:

$$K_{S4} = 1,5 / U_w \quad (\text{B.4})$$

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

Si dans un réseau interne, des appareils présentent des niveaux différents de tension de tenue aux chocs, le facteur  $K_{S4}$  pour le niveau de tension de tenue aux chocs le plus faible doit être choisi.

#### B.5 Probabilité $P_U$ pour qu'un impact sur un service entraîne des blessures sur des êtres vivants

Les valeurs de probabilité  $P_U$  de blessures sur des êtres vivants dues à des tensions de contact en raison d'impacts sur un service entrant dépendent des caractéristiques des écrans 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, etc. voir Tableau B.1) et des parafoudres prévus à l'entrée du service.

Si un parafoudre réalise une équipotentialité conformément à la CEI 62305-3, la valeur de  $P_U$  est égale à la valeur de  $P_{LD}$ ,  $P_{LD}$  étant la probabilité de défaillance des réseaux internes due à un impact sur le service connecté.

Les valeurs de  $P_{LD}$  sont données au Tableau B.6.

Si des parafoudres sont prévus pour l'équipotentialité conformément à la CEI 62305-3, la valeur de  $P_u$  est la plus faible des valeurs de  $P_{SPD}$  (Tableau B.3) et de  $P_{LD}$ .

NOTE Des parafoudres coordonnés selon la CEI 62305-4 ne sont pas nécessaires ici pour réduire  $P_U$ . Les parafoudres conformes à la CEI 62305-3 sont suffisants.

Tableau B.6 – Valeur de la probabilité  $P_{LD}$  en fonction de la résistance  $R_S$  de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs  $U_w$  du matériel

$U_w$ kV	$5 < R_s \leq 20$ $\Omega/\text{km}$	$1 < R_s \leq 5$ $\Omega/\text{km}$	$R_s < 1$ $\Omega/\text{km}$
1,5	1	0,8	0,4
2,5	0,95	0,6	0,2
4	0,9	0,3	0,04
6	0,8	0,1	0,02

$R_s$  ( $\Omega/\text{km}$ ): résistance de l'écran du câble.

Pour un service non écranté, on doit prendre  $P_{LD} = 1$ .

Si des mesures de protection telles que des restrictions physiques, des plaques d'avertissement, etc. sont prévues, la probabilité  $P_U$  doit être réduite en la multipliant par les valeurs de la probabilité  $P_A$  données dans le Tableau B.1.

## B.6 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 dépendent des caractéristiques des écrans du service, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés au service et des parafoudres prévus.

Si un parafoudre ne réalise pas une équipotentialité conformément à la CEI 62305-3, la valeur de  $P_V$  est égale à  $P_{LD}$ ,  $P_{LD}$  étant la probabilité de défaillance des réseaux internes due à un choc sur le service concerné.

Les valeurs de  $P_{LD}$  sont données au Tableau B.6.

Si un parafoudre réalise une équipotentialité conformément à la CEI 62305-3, la valeur de  $P_V$  est la plus faible des valeurs de  $P_{SPD}$  (voir Tableau B.3) et de  $P_{LD}$ .

NOTE Des parafoudres coordonnés selon la CEI 62305-4 ne sont pas nécessaires ici pour réduire  $P_V$ . Les parafoudres conformes à la CEI 62305-3 sont suffisants.

## B.7 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 dépendent des caractéristiques des écrans du service, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés au service et des parafoudres prévus.

Si des parafoudres coordonnés conformément à la CEI 62305-4 ne sont pas prévus, la valeur de  $P_W$  est égale à  $P_{LD}$ ,  $P_{LD}$  étant la probabilité de défaillance des réseaux internes due à un choc sur le service concerné.

Les valeurs de  $P_{LD}$  sont données au Tableau B.6.

Si des parafoudres coordonnés conformément à la CEI 62305-4 sont prévus, la valeur de  $P_W$  est la plus faible entre  $P_{SPD}$  (voir Tableau B.3) et  $P_{LD}$ .

## B.8 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 dépendent des caractéristiques des écrans du service, de la tension de tenue aux chocs des réseaux internes connectés au service et des mesures de protection prévues.

Si des parafoudres coordonnés conformément à la CEI 62305-4 ne sont pas prévus, la valeur de  $P_Z$  est égale à  $P_{Li}$ ,  $P_{Li}$  étant la probabilité de défaillance des réseaux internes due à un choc sur le service concerné.

Les valeurs de  $P_{Li}$  sont données au Tableau B.7.

Si des parafoudres coordonnés conformément à la CEI 62305-4 sont prévus, la valeur de  $P_Z$  est la plus faible entre  $P_{SPD}$  (voir Tableau B.3) et  $P_{Li}$ .

Tableau B.7 – Valeur de la probabilité  $P_{LI}$  en fonction de la résistance  $R_S$  de l'écran du câble et de la tension de tenue aux chocs  $U_w$  du matériel

$U_w$ kV	Pas d'écran	Ecran non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté	Ecran relié à la borne d'équipotentialité et matériel connecté à la même borne		
			$5 < R_s \leq 20$ $\Omega/km$	$1 < R_s \leq 5$ $\Omega/km$	$R_s < 1$ $\Omega/km$
1,5	1	0,5	0,15	0,04	0,02
2,5	0,4	0,2	0,06	0,02	0,008
4	0,2	0,1	0,03	0,008	0,004
6	0,1	0,05	0,02	0,004	0,002

$R_s$ : résistance de l'écran du câble ( $\Omega/km$ ).

NOTE Des valeurs plus précises de  $K_s$  pour des câbles écrantés ou non sont données dans la Recommandation UIT K.46.

## Annexe C (informative)

### Evaluation du montant des pertes $L_x$ dans une structure

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 données dans la présente annexe sont les valeurs proposées par la CEI. D'autres valeurs peuvent être données par chaque comité national.

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

#### C.1 Montant relatif moyen des pertes annuelles

Les pertes  $L_x$  se réfèrent à la moyenne relative du montant d'un type particulier de dommage, de son étendue et des effets consécutifs pouvant être dus à un impact de foudre. Sa valeur dépend:

- du nombre de personnes et du temps pendant lequel elles resteront à un emplacement dangereux;
- du type et de l'importance des services publics;
- de la valeur des biens affectés par les dommages.

Les pertes  $L_x$  varient selon le type de perte (L1, L2, L3 et L4) considérée et, pour chaque type de perte, selon le type de dommage (D1, D2 et D3) à l'origine. Les symboles suivants sont utilisés:

$L_t$  pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas;

$L_f$  pertes dues aux dommages physiques;

$L_o$  pertes dues aux défaillances des réseaux internes.

#### C.2 Perte de vie humaine

La valeur de  $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$  peut être déterminée en termes de nombre relatif de victimes à partir de la relation approchée suivante:

$$L_x = (n_p / n_t) \times (t_p / 8\ 760) \quad (\text{C.1})$$

où

$n_p$  est le nombre de personnes pouvant courir un danger (victimes);

$n_t$  est le nombre total présumé de personnes (dans la structure);

$t_p$  est la durée annuelle en heures de présence des personnes à un emplacement dangereux, à l'extérieur de la structure ( $L_t$  uniquement) ou à l'intérieur de la structure ( $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$ ).

Les valeurs moyennes typiques de  $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$  pouvant être prises lorsque la détermination de  $n$ ,  $n_t$  et  $t$  est incertaine ou difficile, sont données dans le Tableau C.1.

Tableau C.1 – Valeurs moyennes types de  $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$

Type de structure	$L_t$
Tout type – (personnes à l'intérieur des bâtiments)	$10^{-4}$
Tout type – (personnes à l'extérieur des bâtiments)	$10^{-2}$

Type de structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	$10^{-1}$
Industrielle, commerciale, scolaire	$5 \times 10^{-2}$
Publique, églises, musées	$2 \times 10^{-2}$
Autres	$10^{-2}$

Type de structure	$L_o$
Structure avec risque d'explosion	$10^{-1}$
Hôpitaux	$10^{-3}$

Les pertes de vies humaines sont liées aux caractéristiques de la structure prises en compte en augmentant les facteurs ( $h_z$ ) et en diminuant les facteurs ( $r_f$ ,  $r_p$ ,  $r_a$ ,  $r_u$ ) comme suit:

$$L_A = r_a \times L_t \quad (\text{C.2})$$

$$L_U = r_u \times L_t \quad (\text{C.3})$$

$$L_B = L_V = r_p \times h_z \times r_f \times L_f \quad (\text{C.4})$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (\text{C.5})$$

où

- $r_a$  est un facteur de réduction des pertes en vies humaines en fonction du type de sol (voir Tableau C.2);
- $r_u$  est un facteur de réduction des pertes en vies humaines en fonction du type du plancher (voir Tableau C.2);
- $r_p$  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.3);
- $r_f$  est un facteur de réduction des pertes dues aux dommages physiques en fonction du risque de feu de la structure (voir Tableau C.4);
- $h_z$  est un facteur d'augmentation des pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécifique (voir Tableau C.5).

Tableau C.2 – Valeurs du facteur de réduction  $r_a$  et  $r_u$   
en fonction du type de sol ou de plancher

Type de sol ou de plancher	Résistance de contact $k\Omega^1)$	$r_a$ et $r_u$
Agricole, béton	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1 – 10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10 – 100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

1) Valeurs mesurées entre une électrode de  $400 \text{ cm}^2$  comprimée avec une force de 500 N à un point à l'infini.

Tableau C.3 – Valeurs du 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 <sup>1)</sup>	0,2
1) Seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si le temps d'intervention des pompiers est $t < 10 \text{ min}$ .	

Si plusieurs dispositions ont été prises, la valeur de  $r_p$  doit être la plus faible des valeurs individuelles.

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

Tableau C.4 – Valeurs du facteur de réduction  $r_f$   
en fonction du risque d'incendie de la structure

Risque d'incendie	$r_f$
Explosion	1
Elevée	$10^{-1}$
Ordinaire	$10^{-2}$
Faible	$10^{-3}$
Aucun	0

NOTE 1 Dans le cas d'une structure présentant un risque d'explosion et d'une structure contenant des mélanges explosifs une évaluation plus détaillée de  $r_f$  peut être nécessaire.

NOTE 2 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 particulière supérieure à  $800 \text{ MJ/m}^2$ .

NOTE 3 On peut estimer que les structures présentant un risque ordinaire de feu sont les structures qui ont une charge calorifique comprise entre  $800 \text{ MJ/m}^2$  et  $400 \text{ MJ/m}^2$ .

NOTE 4 On peut estimer que les structures qui présentent un faible risque de feu sont les structures qui ont une charge calorifique particulière inférieure à  $400 \text{ MJ/m}^2$  ou les structures qui ne contiennent qu'occasionnellement des matériaux combustibles.

NOTE 5 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.

Tableau C.5 – Valeurs du 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)	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
Danger pour l'environnement	20
Contamination de l'environnement	50

### C.3 Pertes inacceptables de service public

Les valeurs de  $L_f$  et  $L_o$  peuvent être déterminées en termes de quantité relative de pertes potentielles à partir de la relation approchée suivante:

$$L_x = n_p / n_t \times t / 8\,760 \quad (\text{C.6})$$

où

$n_p$  est le nombre moyen de personnes pouvant courir un danger (usagers non desservis);

$n_t$  est le nombre total de personnes (usagers desservis);

$t$  est la durée annuelle de perte de service, en heures.

Les valeurs moyennes typiques de  $L_f$  et  $L_o$ , pouvant être prises lorsque la détermination de  $n$ ,  $n_t$  et  $t$  est incertaine ou difficile sont données dans le Tableau C.6.

Tableau C.6 – Valeurs moyennes types de  $L_f$  et  $L_o$

Type de service	$L_f$	$L_o$
Gaz, eau	$10^{-1}$	$10^{-2}$
TV, lignes de télécommunication, réseau de puissance	$10^{-2}$	$10^{-3}$

Les pertes de service public sont affectées par les caractéristiques de la structure et par les facteurs décroissants ( $r_p$ ) comme suit:

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_f \quad (\text{C.7})$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (\text{C.8})$$

Les valeurs des facteurs  $r_p$  et  $r_f$  sont données respectivement aux Tableaux C.3 et C.4.

#### C.4 Perte d'héritage culturel irremplaçable

La valeur de  $L_f$  peut être déterminée en termes de quantité relative de pertes potentielles à partir de la relation approchée suivante:

$$L_x = c / c_t \quad (\text{C.9})$$

où

- $c$  est le coût moyen des pertes possibles de la structure (c'est-à-dire la valeur assurable de perte possible de biens);
- $c_t$  est le coût total de la structure (c'est-à-dire la valeur totale assurée de tous les biens présents dans la structure).

Des valeurs moyennes types de  $L_f$ , qui peuvent être prises lorsque la détermination de  $c$  et  $c_t$  est incertaine ou difficile sont:

$$L_f = 10^{-1}$$

Les pertes d'héritage culturel irremplaçable sont affectées par les caractéristiques de la structure et par les facteurs décroissants  $r_p$  comme suit:

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_f \quad (\text{C.10})$$

Les valeurs des facteurs  $r_p$  et  $r_f$  sont indiqués dans le Tableau C.3 et le Tableau C.4

#### C.5 Pertes économiques

Les valeurs de  $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$  peuvent être déterminées en termes de quantité relative de pertes potentielles à partir de la relation approchée suivante:

$$L_x = c / c_t \quad (\text{C.11})$$

où

- $c$  est le coût moyen des pertes possibles de structure (y compris son contenu et des activités correspondantes et de ses conséquences) en monnaie;
- $c_t$  est le coût total de la structure (y compris son contenu et ses activités correspondantes) en monnaie.

Les valeurs moyennes typiques de  $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$  pour tous les types de structure qui peuvent être prises lorsque la détermination de  $c$  et  $c_t$  est incertaine ou difficile sont indiquées dans le Tableau C.7.

Tableau C.7 – Valeurs moyennes types de  $L_t$ ,  $L_f$  et  $L_o$

Type de structure	$L_t$
Tout type – Intérieur des bâtiments	$10^{-4}$
Tout type – Extérieur des bâtiments	$10^{-2}$

Type de structure	$L_f$
Hôpitaux, industrielle, musées, agricole	0,5
Hôtel, école, bureaux, église, loisirs, bâtiments préfabriqués	0,2
Autres	0,1

Type de structure	$L_o$
Risque d'explosion	$10^{-1}$
Hôpitaux, industries, bureaux, hôtels, bâtiments préfabriqués	$10^{-2}$
Musées, agricoles, écoles, églises, loisirs	$10^{-3}$
Autres	$10^{-4}$

Les pertes économiques sont affectées par les caractéristiques de la structure et par les facteurs croissants ( $h_z$ ) et décroissants ( $r_p$ ,  $r_a$ ,  $r_f$ ,  $r_u$ ) comme suit:

$$L_A = r_a \times L_t \quad (\text{C.12})$$

$$L_U = r_u \times L_t \quad (\text{C.13})$$

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \quad (\text{C.14})$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \quad (\text{C.15})$$

Les valeurs des facteurs  $r_a$  et  $r_u$  sont indiqués au Tableau C.2;  $r_p$  au Tableau C.3;  $r_f$  au Tableau C.4 et  $h_z$  au Tableau C.5

## Annexe D (informative)

### Evaluation de la probabilité de dommages $P'_x$ pour un service

Les probabilités données dans la présente annexe sont les valeurs proposées par la CEI. D'autres valeurs peuvent être choisies si cela est justifié.

Les probabilités données dans cette annexe sont valables si les mesures de protection sont conformes à la CEI 62305-5.

#### D.1 Lignes avec conducteurs métalliques

##### D.1.1 Probabilités $P'_B$ et $P'_C$ pour qu'un impact sur la structure connectée à une ligne entraîne des dommages

La probabilité  $P'_B$  pour qu'un impact sur la structure connectée à une ligne entraîne des dommages physiques et la probabilité  $P'_C$  pour qu'un impact sur la structure connectée à une ligne entraîne des défaillances des équipements de service sont liées au courant de défaillance  $I_a$  lequel dépend des caractéristiques de la ligne, du nombre de services entrants dans la structure et des mesures de protection choisies.

Pour les lignes non écrantées, il faut choisir  $I_a = 0$ .

Pour les lignes écrantées, le courant de défaillance  $I_a$  (kA) doit être évalué comme suit:

$$I_a = 25 n \times U_w / (R_s \times K_d \times K_p) \quad (\text{D.1})$$

où

$K_d$  est le facteur dépendant des caractéristiques de la ligne (voir Tableau D.1);

$K_p$  est le facteur prenant en compte les mesures de protection adoptées (voir Tableau D.2);

$U_w$  est la tension de tenue aux chocs du câble, (kV) (voir le Tableau D.3 pour les câbles et le Tableau D.4 pour les matériels);

$R_s$  est la résistance de l'écran du câble ( $\Omega/\text{km}$ );

$n$  est le nombre de services entrants dans la structure.

NOTE 1 Un parafoudre à l'entrée de la structure accroît le courant de défaut  $I_a$  et peut protéger.

NOTE 2 Des informations détaillées pour les lignes de communication sont données dans la Recommandation UIT K.47.

Tableau D.1 – Valeurs du facteur  $K_d$  en fonction des caractéristiques de la ligne écrantée

Ligne	$K_d$
Avec écran en contact avec le sol	1
Avec écran non en contact avec le sol	0,4

Tableau D.2 – Valeurs du facteur  $K_p$  en fonction des mesures de protection

Mesure de protection	$K_p$
Pas de mesures de protection	1
Fils d'écran complémentaires – Un conducteur	0,6
Fils d'écran complémentaires – Deux conducteurs	0,4
Conduit de protection contre la foudre	0,1
Câble armé	0,02
Fils d'écran complémentaires – Tube en acier	0,01
1) Le fil d'écran est installé à environ 30 cm au-dessus du câble; deux fils d'écran sont mis en oeuvre symétriquement par rapport à l'axe du câble et à environ 30 cm au-dessus de celui-ci.	

Tableau D.3 – Tension de tenue aux chocs  $U_w$  en fonction du type d'isolation du câble

Type de câble	$U_n$ kV	$U_w$ kV
TLC – Papier isolé	–	1,5
TLC – Isolé au PVC ou PR	–	5
Puissance	≤ 1	15
Puissance	3	45
Puissance	6	60
Puissance	10	75
Puissance	15	95
Puissance	20	125

Tableau D.4 – Tension de tenue aux chocs  $U_w$  en fonction du type de matériel

Type de matériel	$U_w$ kV
Électronique	1,5
Matériel d'utilisation électrique ( $U_n < 1$ kV)	2,5
Matériel d'utilisation électrique ( $U_n < 1$ kV)	6

Les valeurs de  $P'_B$  et  $P'_C$  en fonction des valeurs du courant de défaillance  $I_a$  sont données au Tableau D.5.

Si des parafoudres conformes à la CEI 62305-5 sont fournis, les valeurs de  $P'_B$  et  $P'_C$  sont la valeur de  $P_{SPD}$  (voir Tableau B.3).

Tableau D.5 – Valeurs de probabilité  $P'_B$ ,  $P'_C$ ,  $P'_V$  et  $P'_W$   
et en fonction du courant de défaillance  $I_a$

$I_a$ kA	$P'_B$ , $P'_C$ , $P'_V$ , $P'_W$
0	1
3	0,99
5	0,95
10	0,9
20	0,8
30	0,6
40	0,4
50	0,3
60	0,2
80	0,1
100	0,05
150	0,02
200	0,01
300	0,005
400	0,002
600	0,001

#### D.1.2 Probabilités $P'_V$ et $P'_W$ pour qu'un impact sur la ligne entraîne des dommages

La probabilité  $P'_V$  pour qu'un impact entraîne des dommages physiques et la probabilité  $P'_W$  pour qu'un impact entraîne des défaillances des matériels connectés sont liées au courant de défaillance  $I_a$  lequel dépend des caractéristiques de la ligne et des mesures de protection choisies.

Pour les lignes non écrantées, il faut choisir  $I_a = 0$ .

Pour les lignes écrantées, le courant de défaillance  $I_a$  doit être évalué comme suit:

$$I_a = 25 \frac{U_w}{(R_s \times K_d \times K_p)} \quad (D.7)$$

où

$K_d$  est le facteur dépendant des caractéristiques de la ligne (voir Tableau D.1);

$K_p$  est le facteur prenant en compte les mesures de protection adoptées (voir Tableau D.2);

$U_w$  est la tension de tenue aux chocs du câble, (kV) (voir le Tableau D.3 pour les câbles et le Tableau D.4 pour les matériels);

$R_s$  est la résistance de l'écran du câble ( $\Omega/\text{km}$ ).

Lors de l'évaluation de  $P'_V$  pour les lignes de communication, les valeurs maximales du courant de défaillance  $I_a$  à prendre sont les suivantes:

$I_a = 40 \text{ kA}$  pour les câbles avec écran en plomb;

$I_a = 20 \text{ kA}$  pour les câbles avec écran en aluminium.

NOTE 1 Ces valeurs résultent d'une estimation approximative du courant d'essai ( $I_t$ ) endommageant des câbles de communication typiques au point d'impact. Si un élément indique que ces valeurs ne sont pas applicables pour une conception de câble donnée, il convient que les essais décrits dans la CEI 62305-5 soient utilisés pour l'évaluation du courant de défaillance.

Les valeurs de  $P'_V$  et  $P'_W$  en fonction des valeurs du courant de défaillance  $I_a$  sont données au Tableau D.5.

NOTE 2 Des informations détaillées sur les lignes de communication sont données dans la Recommandation UIT K.47.

#### D.1.3 Probabilité $P'_Z$ pour qu'un impact à proximité d'une ligne entraîne des dommages

La probabilité  $P'_Z$  pour qu'un impact à proximité d'une ligne entraîne des défaillances des matériels connectés dépend des caractéristiques de la ligne et des mesures de protection choisies.

Lorsque des parafoudres conformes à la CEI 62305-5 ne sont pas prévus, la valeur de  $P'_Z$  est égale à  $P_{LI}$ .

Les valeurs de  $P_{LI}$  sont données dans le Tableau B.7.

Lorsque des parafoudres conformes à la CEI 62305-4 sont prévus, la valeur de  $P'_Z$  est la plus faible entre  $P_{SPD}$  (voir Tableau B.3) et  $P_{LI}$ .

### D.2 Lignes à fibres optiques

A l'étude.

### D.3 Canalisations

A l'étude.

## Annexe E (informative)

### Evaluation du montant des pertes $L'_x$ dans un service

#### E.1 Montant relatif moyen des pertes annuelles

Les pertes  $L'_x$  se réfèrent à la moyenne relative du montant d'un type particulier de dommage, de son étendue et des effets consécutifs pouvant être dus à un impact de foudre.

Sa valeur dépend:

- du type et de l'importance des services publics;
- de la valeur des biens affectés par les dommages.

Les pertes  $L'_x$  varient selon le type de perte (L'1, L'2 et L'4) considérée et, pour chaque type de perte, selon le type de dommage (D2 et D3) à l'origine. Les symboles suivants sont utilisés:

$L'_f$  pertes dues aux dommages physiques.

$L'_o$  pertes dues aux défaillances des réseaux internes.

#### E.2 Pertes inacceptables de service public

Les valeurs de  $L'_f$  et  $L'_o$  peuvent être déterminées en termes de quantité relative de pertes potentielles à partir de la relation approchée suivante:

$$L'_x = n_p / n_t \times t / 8\,760 \quad (\text{E.1})$$

où

$n_p$  est le nombre moyen d'usagers non desservis;

$n_t$  est le nombre total d'usagers desservis;

$t$  est la durée annuelle de perte de service, en heures.

Les valeurs moyennes typiques de  $L'_f$  et  $L'_o$  pouvant être prises lorsque la détermination de  $n_p$ ,  $n_t$  et  $t$  est incertaine ou difficile, sont données dans le Tableau E.1.

Tableau E.1 – Valeurs moyennes typiques de  $L'_f$  et  $L'_o$

Type de service	$L'_f$	$L'_o$
Gaz, eau	$10^{-1}$	$10^{-2}$
TV, lignes de communication, puissance	$10^{-2}$	$10^{-3}$

Les pertes de service public sont affectées par les caractéristiques suivantes des services:

$$L'_B = L'_V = L'_f \quad (\text{E.2})$$

$$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_o \quad (\text{E.3})$$

### E.3 Pertes économiques

Les valeurs de  $L'_f$  et  $L'_o$  peuvent être déterminées en termes de quantité relative de pertes potentielles à partir de la relation approchée suivante:

$$L'_x = c / c_t \quad (\text{E.4})$$

où

- $c$  est le coût moyen des pertes possibles de structure, son contenu et des activités correspondantes, en monnaie;
- $c_t$  est le coût total de la structure, son contenu et ses activités correspondantes, en monnaie.

Les valeurs moyennes typiques de  $L'_f$  et  $L'_o$  qui peuvent être choisies pour tous les types de services lorsque la détermination de  $c$  et  $c_t$  est incertaine ou difficile, sont les suivantes:

$$L'_f = 10^{-1}$$

$$L'_o = 10^{-3}$$

Les pertes de valeurs économiques sont affectées par les caractéristiques des services comme suit:

$$L'_B = L'_V = L'_f \quad (\text{E.5})$$

$$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_o \quad (\text{E.6})$$

## Annexe F (informative)

### Surtensions de manœuvre

Des surtensions internes peuvent apparaître en raison de différentes origines, mais l'une d'entre elles, par exemple un court-circuit dû à un amorçage de foudre, peut souvent engendrer des surtensions temporaires et de manœuvre. Pour cette raison, et pour d'autres plus générales, l'évaluation de la protection contre les surtensions internes est justifiée.

Dans la majorité des cas, les surtensions de manœuvre sont moins pénalisantes que celles dues à la foudre et les moyens de protection (parafoudres) appropriés à la protection contre la foudre sont aussi appropriés à la protection contre les surtensions de manœuvre. Ainsi, la décision de protéger les matériels contre les chocs de foudre couvre en général le besoin de protection contre les surtensions de manœuvre.

Lorsque l'étude de surtensions de manœuvre est appropriée, la méthode d'évaluation du risque est très proche de celle d'évaluation du risque en cas de chocs induits par la foudre sur les lignes et leurs effets sur les matériels sont très similaires. Toutefois, il existe une différence relative au nombre  $N_s$  de surtensions par an.

Il existe deux types de surtensions de manœuvre:

- Les surtensions répétitives (action volontaire des disjoncteurs ou analogues, permutation des batteries de condensateurs). Elles apparaissent très fréquemment selon les décisions d'un opérateur ou plus souvent d'un automatisme. La fréquence se situe entre 1 à 2 fois par jour pour atteindre de nombreuses fois par jour dans le cas de machines de soudage à arc. La fréquence et la valeur de ces surtensions (ou leurs effets sur les dispositifs électriques) sont généralement connues et sont fondées sur l'expérience. Dans de tels cas, la plupart du temps, la décision de protéger le matériel ou non est prise sur une base déterministe et une analyse de risque est inutile.
- Les surtensions aléatoires (fonctionnement de disjoncteurs ou de fusibles en cas de défaut par exemple). Dans ce cas, leur fréquence est inconnue par définition et leur valeur et leurs effets sur les matériels électriques peuvent également être inconnus. Dans ce cas, une évaluation de risque peut aider à décider si une protection est nécessaire contre cette source de dommages.

La valeur des surtensions de manœuvre ne peut être évaluée que par des mesures détaillées dans les installations électriques spécifiques et par leur distribution statistique. Généralement, la fréquence de leur apparition décroît lorsque leur valeur satisfait à la loi du tiers de la puissance (la probabilité est inversement proportionnelle au tiers de sa valeur).

Dans les réseaux à basse tension, les surtensions de manœuvre présumées sont inférieures à 4 kV et seulement 2 pour 1 000 ont une valeur supérieure à 2,5 kV. En se fondant sur le total estimé ou sur les valeurs mesurées pouvant se produire par an ( $n_s$ ), le nombre total  $N_s$  par an supérieur à 2,5 kV (mais inférieur à 4 kV) est donné par l'équation suivante:

$$N_s = 0,002 \times n_s \quad (\text{F.1})$$

La probabilité de dommage  $P$  et les pertes consécutives  $L$  sont les mêmes que pour les surtensions induites par la foudre (voir les Annexes B et C).

## Annexe G (informative)

### Evaluation des coûts des pertes

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

$$C_L = (R_A + R_U) \times C_A + (R_B + R_V) \times (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R_C + R_M + R_W + R_Z) \times C_S \quad (\text{G.1})$$

où

$R_A$  et  $R_U$  sont les composantes de risque relatives aux pertes d'animaux, sans mesures de protection;

$R_B$  et  $R_V$  sont les composantes de risque relatives aux dommages physiques, sans mesures de protection;

$R'_C$ ,  $R'_M$ ,  $R'_W$ ,  $R'_Z$  sont les composantes de risque relatives aux défaillances des réseaux électriques et électroniques sans mesures de protection;

$C_A$  est le coût des animaux;

$C_S$  est le coût des réseaux dans la structure;

$C_B$  est le coût du bâtiment;

$C_C$  est le coût du contenu.

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

$$C_{RL} = (R'_A + R'_U) \times C_A + (R'_B + R'_V) \times (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R'_C + R'_M + R'_W + R'_Z) \times C_S \quad (\text{G.2})$$

où

$R'_A$  et  $R'_U$  sont les composantes de risques relatives aux pertes d'animaux avec des mesures de protection;

$R'_B$  et  $R'_V$  sont les composantes de risques relatives aux dommages physiques, sans mesures de protection;

$R'_C$ ,  $R'_M$ ,  $R'_W$ ,  $R'_Z$  sont les composantes de risque relatives aux défaillances des réseaux électriques et électroniques, sans mesures de protection.

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

$$C_{PM} = C_P (i + a + m) \quad (\text{G.3})$$

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  $S$  est

$$S = C_L - (C_{PM} + C_{RL}) \quad (\text{G.4})$$

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

## Annexe H (informative)

### Etude de cas de structures

Dans cette annexe, 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 du 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 de cas relatifs à une maison d'habitation, un bâtiment de bureaux, un hôpital et un appartement. Elle est destinée à donner des informations sur l'évaluation du risque afin d'illustrer les principes de la présente norme. Elle n'est pas destinée à traiter de toutes les conditions existantes dans divers bâtiments et réseaux.

#### H.1 Maison rurale

La première étude de cas concerne une maison rurale pour laquelle le besoin de protection doit être évalué.

A cet effet, le risque  $R_1$  de perte de vie humaine (composantes de  $R_1$  selon 4.3 et le Tableau 3) doit être déterminé et comparé à la valeur tolérable  $R_T = 10^{-5}$  (selon 5.5 et le Tableau 7). Les mesures de protection pour diminuer le risque seront choisies.

##### H.1.1 Données et caractéristiques concernées

Les données et les caractéristiques suivantes s'appliquent:

- 1) la maison elle-même et son environnement sont présentés au Tableau H.1;
- 2) les matériels électriques et électroniques internes et les services entrants auxquels ils sont connectés sont présentés au Tableau H.2.

Tableau H.1 – Données et caractéristiques de la structure

Paramètre	Note	Symbole	Valeur	Référence
Dimensions (m)	–	$(L_b, W_b, H_b)$	15, 20, 6	
Facteur d'emplacement	Isolé <sup>1)</sup>	$C_d$	1	Tableau A.2
SPF	Aucun	$P_B$	1	Tableau B.2
Ecran à la frontière de la structure	Aucun	$K_{s1}$	1	Equation (B.3)
Ecran dans la structure	Aucun	$K_{s2}$	1	Equation (B.3)
Personnes à l'extérieur de la maison	Aucune <sup>2)</sup>			
Densité de foudroiement	1/km <sup>2</sup> /an	$N_g$	4	–

<sup>1)</sup> Région plate, pas de structures environnantes.  
<sup>2)</sup> Risque de choc de personnes  $R_A = 0$ .

Tableau H.2 – Données et caractéristiques des lignes entrantes et des matériels internes

Paramètre	Note	Symbole	Valeur	Référence
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	500	-
Ligne de puissance aérienne BT et son réseau interne				
Longueur (m)		$L_c$	1 000	
Hauteur (m)	Enterrée	$H_c$	-	
Transformateur	Non	$C_t$	1	Tableau A.4
Facteur d'emplacement de ligne <sup>1)</sup>	Isolé	$C_d$	1	Tableau A.2
Facteur d'environnement de ligne	Rural	$C_e$	1	Tableau A.5
Ecran de ligne	Aucun	$P_{LD}$	1	Tableau B.6
Précaution d'installation des câbles	Aucune	$K_{S3}$	1	Tableau B.5
Tenue des réseaux internes	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	1	Equation (B.4)
Parafoudres coordonnés	Non	$P_{SPD}$	1	Tableau B.3
Ligne de communication aérienne et matériel électronique interne				
Longueur (m)		$L_c$	1 000	
Hauteur (m)		$H_c$	6	
Facteur d'emplacement de ligne <sup>1)</sup>	Isolé	$C_d$	1	Tableau A.1
Facteur d'environnement de ligne	Rural	$C_e$	1	Tableau A.4
Ecran de ligne	Aucun	$P_{LD}$	1	Tableau B.6
Précaution d'installation des câbles	Aucune	$K_{S3}$	1	Tableau B.5
Tenue du matériel	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	1	Equation (B.4)
Parafoudres coordonnés	Non	$P_{SPD}$	1	Tableau B.3

<sup>1</sup> Région plate, lignes isolées (pas de structures environnantes, pas de structures adjacentes connectées à l'extrémité externe (extrémité «a») des lignes ( $N_{Da} = 0$ ).

En tenant compte des éléments suivants:

- le type de surface de sol est différent à l'extérieur et à l'intérieur de la structure;
- la structure constitue un compartiment unique à l'épreuve du feu;
- il n'y a pas d'écrans spatiaux;

la zone principale suivante peut être définie:

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

Il convient de ne pas définir d'autres zones en tenant compte de ce qui suit:

- les deux réseaux internes (de puissance et de communication) couvrent toute la zone  $Z_2$ ;
- les pertes  $L$  sont considérées comme constantes dans la zone  $Z_2$ .

Si personne ne se tient à l'extérieur du bâtiment; le risque  $R_1$  pour la zone  $Z_1$  peut être négligé et l'évaluation est faite seulement pour la zone  $Z_2$ .

Les caractéristiques des zones sont données dans le Tableau H.3 pour la zone Z<sub>2</sub>.

En suivant l'évaluation de risque du concepteur, les valeurs typiques moyennes de pertes relatives par an dues au risque R<sub>1</sub> seront prises (voir Tableau C.1).

Tableau H.3 – Caractéristiques de la zone Z<sub>2</sub> (à l'intérieur du bâtiment)

Paramètre	Commentaire	Symbole	Valeur	Référence
Type de surface du sol	Bois	r <sub>u</sub>	10 <sup>-5</sup>	Tableau C.2
Risque d'incendie	Faible	r <sub>f</sub>	10 <sup>-3</sup>	Tableau C.4
Danger particulier	Aucun	h <sub>Z</sub>	1	Tableau C.5
Protection contre l'incendie	Aucune	r <sub>p</sub>	1	Tableau C.3
Ecran spatial	Aucun	K <sub>S2</sub>	1	Equation (B.3)
Réseaux de puissance internes	Oui	Connectés au réseau BT	–	
Réseaux de communication internes	Oui	Connectés au réseau de communication	–	
Pertes par tensions de contact et de pas	Oui	L <sub>t</sub>	10 <sup>-4</sup>	Tableau C.1
Pertes par dommages physiques	Oui	L <sub>f</sub>	10 <sup>-1</sup>	Tableau C.1

#### H.1.2 Calcul des valeurs correspondantes

Les calculs des surfaces équivalentes d'exposition sont présentés au Tableau H.4. Les calculs des nombres prévisibles d'événements dangereux sont donnés au Tableau H.5.

Tableau H.4 – Surfaces d'exposition équivalente des structures et des lignes

Symbol de surface	Numéro de formule ou de tableau	Formule pour la surface équivalente d'exposition	Données du tableau	Valeur m <sup>2</sup>
A <sub>d</sub>	(A.2)	Structure: $A_d = [L_b \times W_b + 6H_b \times (L_b + W_b) + \pi \times (3H_b)^2]$	H.1	2,58 × 10 <sup>3</sup>
A <sub>I(P)</sub>	Tableau A.3	Ligne de puissance: $A_{I(P)} = \sqrt{P} \times [L_c - 3H_b]$	H.1 H.2	2,2 × 10 <sup>4</sup>
A <sub>I(P)</sub>	Tableau A.3	A proximité de la ligne de puissance: $A_{I(P)} = 25\sqrt{P} \times L_c$	H.2	5,6 × 10 <sup>5</sup>
A <sub>I(T)</sub>	Tableau A.3	Ligne de communication: $A_{I(T)} = 6H_c \times [L_c - 3H_b]$	H.1 H.2	3,5 × 10 <sup>4</sup>
A <sub>I(T)</sub>	Tableau A.3	A proximité de la ligne de communication: $A_{I(T)} = 1\ 000 \times L_c$	H.2	10 <sup>6</sup>

Tableau H.5 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

Symbol du nombre	Numéro de la formule	Formule pour le nombre d'impacts	Données du tableau	Valeur (1/an)
$N_D$	(A.4)	<b>Sur la structure:</b> $N_D = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$	H.1 H.4	$1,03 \times 10^{-2}$
$N_{L(P)}$	(A.7)	<b>Ligne de puissance:</b> $N_{L(P)} = N_g \times A_{l(P)} \times C_{d(P)} \times C_{t(P)} \times 10^{-6}$	H.1 H.2 H.4	$8,78 \times 10^{-2}$
$N_{l(P)}$	(A.8)	<b>A proximité de la ligne de puissance:</b> $N_{l(P)} = N_g \times A_{l(P)} \times C_{t(P)} \times C_{e(P)} \times 10^{-6}$	H.1 H.2 H.4	2,24
$N_{L(T)}$	(A.7)	<b>Ligne de communication:</b> $N_{L(T)} = N_g \times A_{l(T)} \times C_{d(T)} \times 10^{-6}$	H.1 H.2 H.4	$1,41 \times 10^{-1}$
$N_{l(T)}$	(A.8)	<b>A proximité de la ligne de communication:</b> $N_{l(T)} = N_g \times A_{l(T)} \times C_{e(T)} \times 10^{-6}$	H.1 H.2 H.4	4

### H.1.3 Calcul du risque pour décider du besoin de protection

Dans le cas étudié, il convient d'évaluer la composante  $R_1$ .

Conformément à l'Equation (1), il convient de l'exprimer par la somme suivante des composantes:

$$R_1 = R_B + R_U(\text{Ligne de puissance}) + R_V(\text{Ligne de puissance}) + R_U(\text{Ligne de communication}) \\ + R_V(\text{Ligne de communication})$$

Les composantes impliquées et l'évaluation du risque total sont données au Tableau H.6.

Tableau H.6 – Composantes du risque impliquées et leur calcul (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

Symbol de la composante	Numéro de formule ou de tableau	Formule pour la composante avec impacts sur	Données du tableau	Valeur $\times 10^{-5}$
$R_B$	Tableau 9	<b>la structure donnant lieu à des dommages physiques:</b> $R_B = N_D \times P_B \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	H.1 H.3 H.5	0,103
$R_U(\text{Ligne de puissance})$	Tableau 9	<b>la ligne de puissance donnant lieu à un choc:</b> $R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$		0,000 009
$R_V(\text{Ligne de puissance})$	Tableau 9	<b>la ligne de puissance donnant lieu à des dommages physiques:</b> $R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	H.2 H.3	0,878
$R_U(\text{Ligne de communication})$	Tableau 9	<b>la ligne téléphonique donnant lieu à un choc:</b> $R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$	H.5	0,000 014
$R_V(\text{Ligne de communication})$	Tableau 9	<b>la ligne téléphonique donnant lieu à des dommages physiques:</b> $R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$		1,41
$R_1$ total	Tableau 9	$R_A + R_B + R_U(\text{Ligne de puissance}) + R_V(\text{Ligne de puissance}) + R_U(\text{Ligne de communication}) + R_V(\text{Ligne de communication})$	H.6	2,39

#### H.1.4 Conclusion de l'évaluation $R_1$

Comme  $R_1 = 2,39 \times 10^{-5}$  a une valeur supérieure à la valeur tolérable  $R_T = 10^{-5}$ , la protection de la maison contre la foudre est nécessaire.

#### H.1.5 Choix des mesures de protection

La composition des composantes de risque (voir 4.3.1 et 4.3.2) conduit à:

- $R_D = R_A + R_B + R_C = R_B = 0,103 \times 10^{-5}$
- $R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z = R_U + R_V \approx 2,287 \times 10^{-5}$
- $R_S = R_A + R_U = R_U \approx 0$
- $R_F = R_B + R_V \approx 2,39 \times 10^{-5}$
- $R_O = R_M + R_C + R_W = 0$

où

- $R_D$  est le risque dû aux impacts sur la structure (source S1);  
 $R_I$  est le risque dû aux impacts non pas sur la structure, mais l'influencant (sources: S2, S3 et S4);  
 $R_S$  est le risque de blessure des êtres vivants;  
 $R_F$  est le risque dû aux dommages physiques;  
 $R_O$  est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Cette composition montre que le risque pour une structure est principalement dû aux dommages physiques frappant les lignes connectées.

D'après le Tableau H.6, les principales contributions à la valeur de risque sont données par:

- composante  $R_V$  (Ligne de communication) (impact sur la ligne de communication) pour 59 %;
- composante  $R_V$  (Ligne de puissance) (impact sur la ligne de puissance) pour 37 %;
- composante  $R_B$  (impact sur la structure) pour 4 %.

Pour réduire le risque  $R_I$  à une valeur tolérable, il convient de tenir compte des mesures de protection influençant les composantes  $R_V$  et la composante  $R_B$  (voir Tableau H.6). Il existe deux cas adaptés:

- a) le parafoudre de niveau de protection IV au point d'entrée dans le bâtiment de la ligne de puissance et de la ligne téléphonique qui, d'après le Tableau B.3, réduit les valeurs de  $P_U$  et de  $P_V$  (en raison du parafoudre sur les lignes entrantes) de 1 à 0,03;
- b) le SPF de type IV, qui, d'après les Tableaux B.2 et B.3, réduit la valeur de  $P_B$  de 1 à 0,2 et les valeurs de  $P_U$  et  $P_V$  (en raison de la présence du parafoudre sur les lignes entrantes) de 1 à 0,03.

En utilisant de manière adéquate ces valeurs dans les formules du Tableau H.6, on obtient de nouvelles valeurs de composantes de risque comme indiqué au Tableau H.7.

Tableau H.7 – Valeurs des composantes de risque relatives au risque  $R_1$   
(valeurs  $\times 10^{-5}$ ) pour les cas adaptés

Composantes de risque	Valeurs $\times 10^{-5}$	
	Cas a)	Cas b)
$R_A$	0	0
$R_B$	0,103	0,020 6
$R_U$ (Ligne de puissance)	$\approx 0$	$\approx 0$
$R_V$ (Ligne de puissance)	0,026 3	0,026 3
$R_U$ (Ligne de communication)	$\approx 0$	$\approx 0$
$R_V$ (Ligne de communication)	0,042 3	0,042 3
TOTAL	0,171 6	0,089 2

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

## H.2 Bâtiment de bureaux

La deuxième étude de cas concerne un immeuble de bureaux pour lequel le besoin de protection doit être évalué.

A cet effet, le risque  $R_1$  de perte de vie humaine (composantes de  $R_1$  selon 4.3 et le Tableau 3) doit être déterminé et comparé à la valeur tolérable  $R_T = 10^{-5}$  (selon 5.5 et le Tableau 7). Les mesures de protection pour réduire le risque sont choisies. Selon la décision de l'utilisateur, le coût des mesures prises ne sera pas évalué.

### H.2.1 Données et caractéristiques concernées

Les données et les caractéristiques suivantes s'appliquent:

- 1) le bâtiment lui-même et son environnement, présentés au Tableau H.8;
- 2) les réseaux électriques internes et la ligne de puissance entrante concernée, présentés au Tableau H.9;
- 3) les réseaux électroniques internes et la ligne de communication entrante concernée, présentés au Tableau H.10.

Tableau H.8 – Caractéristiques de la structure

Paramètre	Note	Symbole	Valeur
Dimensions (m)	–	$L_b \times W_b \times H_b$	40 × 20 × 25
Facteur d'emplacement	Isolé	$C_d$	1
SPF	Aucun	$P_B$	1
Ecran à la frontière de la structure	Aucun	$K_{S1}$	1
Ecran dans la structure	Aucun	$K_{S2}$	1
Densité de foudroiement	1/km <sup>2</sup> /an	$N_g$	4
Personnes présentes dans la structure	A l'intérieur et à l'extérieur	$n_t$	200

Tableau H.9 – Caractéristiques du réseau de puissance interne et de la ligne de puissance entrante concernée

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Longueur (m)		$L_c$	200
Hauteur (m)	Aérien	$H_c$	6
Transformateur HT/BT	Non	$C_t$	1
Facteur d'emplacement de ligne	Isolé	$C_d$	1
Facteur d'environnement de ligne	Rural	$C_e$	1
Ecran de ligne	Aucun	$P_{LD}$	1
		$P_{LI}$	0,4
Précaution d'installation des câbles	Non	$K_{S3}$	1
Tension de tenue des matériels $U_w$	$U_w = 2,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	0,6
Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{SPD}$	1
Extrémité «a», ligne, structure, dimensions (m)	Aucune	$(L_a \times W_a \times H_a)$	-

Tableau H.10 – Caractéristiques du réseau de communication interne et de la ligne entrante concernée

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	250
Longueur (m)	-	$L_c$	1 000
Hauteur (m)	-	-	-
Facteur d'emplacement de ligne	Isolé	$C_d$	1
Facteur d'environnement de ligne	Rural	$C_e$	1
Ecran de ligne	Aucun	$P_{LD}$	1
		$P_{LI}$	1
Précaution d'installation des câbles	Aucune	$K_{S3}$	1
Tension de tenue des matériels $U_w$	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	1
Système de parafoudre	Aucun	$P_{SPD}$	1
Extrémité «a» de la ligne, dimensions de la structure (m)	Aucune	$(L_a \times W_a \times H_a)$	-

## H.2.2 Définition des zones dans le bâtiment de bureaux et leurs caractéristiques

En tenant compte des éléments suivants:

- le type de sol est différent dans la zone d'entrée, dans le jardin et à l'intérieur de la structure;
- la structure et les archives sont des compartiments à l'épreuve du feu;
- il n'y a pas d'écrans spatiaux;
- les pertes  $L$  dans le centre informatique sont estimées inférieures à celles dans les bureaux,

les zones principales suivantes peuvent définies:

- $Z_1$  zone d'entrée dans le bâtiment;
- $Z_2$  jardin;

- $Z_3$  archives – il s'agit d'un compartiment isolé à l'épreuve du feu;
- $Z_4$  bureaux;
- $Z_5$  centre informatique.

Les caractéristiques des zones sont données au Tableau H.11 pour la zone  $Z_1$ , au Tableau H.12 pour la zone  $Z_2$ , au Tableau H.13 pour la zone  $Z_3$ , au Tableau H.14 pour la zone  $Z_4$  et au Tableau H.15 pour la zone  $Z_5$ .

Selon l'estimation des mesures de protection par le concepteur, les valeurs moyennes typiques de pertes relatives annuelles est pour le risque  $R_1$  (voir le Tableau C.1)

- $L_t = 10^{-2}$  à l'extérieur de la structure,
- $L_t = 10^{-4}$  à l'intérieur de la structure,
- $L_f = 10^{-2}$ ,

sont réduites pour chaque zone en tenant compte du nombre de personnes potentiellement en danger dans la zone à l'extérieur par rapport au nombre total de personnes à l'intérieur de la structure.

Tableau H.11 – Caractéristiques de la zone  $Z_1$  (zone d'entrée dans le bâtiment)

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Type de sol	Marbre	$r_a$	$10^{-3}$
Protection contre les chocs	Aucune	$P_A$	1
Perte par tensions de contact et de pas	Oui	$L_t$	$2 \times 10^{-4}$
Personnes en danger présentes dans la zone			4

Tableau H.12 – Caractéristiques de la zone  $Z_2$  (jardin)

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Type de sol	Herbe	$r_a$	$10^{-2}$
Protection contre les chocs	Clôture	$P_A$	0
Perte par tensions de contact et de pas	Oui	$L_f$	$10^{-4}$
Personnes en danger présentes dans la zone			2

Tableau H.13 – Caractéristiques de la zone  $Z_3$  (archives)

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Type de sol	Linoléum	$r_u$	$10^{-5}$
Risque d'incendie	Elevé	$r_f$	$10^{-1}$
Danger particulier	Faible panique	$h_z$	2
Protection contre l'incendie	Aucune	$r_p$	1
Ecran spatial	Aucun	$K_{S2}$	1
Réseaux de puissance internes	Oui	Connectés à une ligne de puissance BT	-
Réseaux téléphoniques internes	Oui	Connectés à une ligne de communication	-
Perte par tensions de contact et de pas	Oui	$L_t$	$10^{-5}$
Perte par dommages physiques	Oui	$L_f$	$10^{-3}$
Personnes en danger présentes dans la zone			20

Tableau H.14 – Caractéristiques de la zone  $Z_4$  (bureaux)

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Type de sol	Linoléum	$r_u$	$10^{-5}$
Risque d'incendie	Faibles	$r_f$	$10^{-3}$
Danger particulier	Faible panique	$h_z$	2
Protection contre l' incendie	Aucun	$r_p$	1
Ecran spatial	Aucun	$K_{S2}$	1
Réseaux de puissance internes	Oui	Connectés à une ligne de puissance BT	-
Réseaux téléphoniques internes	Oui	Connectés à une ligne de communication	-
Perte par tensions de contact et de pas	Oui	$L_t$	$8 \times 10^{-5}$
Perte par dommages physiques	Oui	$L_f$	$8 \times 10^{-3}$
Personnes en danger présentes dans la zone			160

Tableau H.15 – Caractéristiques de la zone Z<sub>5</sub> (centre informatique)

Paramètre	Note	Symbole	Valeur
Type de sol	Linoléum	r <sub>u</sub>	10 <sup>-5</sup>
Risque d'incendie	Faibles	r <sub>f</sub>	10 <sup>-3</sup>
Danger particulier	Faible panique	h <sub>Z</sub>	2
Protection contre l'incendie	Aucune	r <sub>p</sub>	1
Ecran spatial	Aucun	K <sub>S2</sub>	1
Réseaux de puissance internes	Oui	Connectés à une ligne de puissance BT	–
Réseaux téléphoniques internes	Oui	Connectés à une ligne de communication	–
Perte par tensions de contact et de pas	Oui	L <sub>t</sub>	7 × 10 <sup>-6</sup>
Perte par dommages physiques	Oui	L <sub>f</sub>	7 × 10 <sup>-4</sup>
Personnes en danger présentes dans la zone			14

### H.2.3 Calcul des grandeurs concernées

Les calculs des surfaces équivalentes d'exposition sont présentés au Tableau H.16, les calculs des nombres prévisibles d'événements dangereux sont donnés au Tableau H.17 et l'évaluation des pertes annuelles attendues est donnée au Tableau H.18.

Tableau H.16 – Surfaces équivalentes d'exposition de la structure et des lignes

Symbol	Valeur m <sup>2</sup>
A <sub>d</sub>	2,7 × 10 <sup>4</sup>
A <sub>i</sub> (Puissance)	4,5 × 10 <sup>3</sup>
A <sub>i</sub> (Puissance)	2 × 10 <sup>5</sup>
A <sub>i</sub> (Communication)	1,45 × 10 <sup>4</sup>
A <sub>i</sub> (Communication)	3,9 × 10 <sup>5</sup>

Tableau H.17 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

Symbol	Valeur (1/an)
N <sub>D</sub>	1,1 × 10 <sup>-1</sup>
N <sub>L</sub> (Puissance)	1,81 × 10 <sup>-1</sup>
N <sub>i</sub> (Puissance)	8 × 10 <sup>-1</sup>
N <sub>L</sub> (Communication)	5,9 × 10 <sup>-2</sup>
N <sub>i</sub> (Communication)	1,581

### H.2.4 Calcul du risque pour décider du besoin de protection

Les composantes de risque impliquées pour chaque zone et l'évaluation du risque total sont données au Tableau H.18.

Tableau H.18 – Risque  $R_1$  – Valeurs des composantes de risques selon les zones (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

Symbol	$Z_1$ zone d'entrée	$Z_2$ Jardin	$Z_3$ Archives	$Z_4$ Bureaux	$Z_5$ Centre informatique	Structure
$R_A$	0,002	0				0,002
$R_B$			2,21	0,177	0,016	2,403
$R_U$ (Ligne de puissance)			≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
$R_V$ (Ligne de puissance)			0,362	0,029	0,002	0,393
$R_U$ (Ligne de communication)			≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
$R_V$ (Ligne de communication)			1,18	0,094	0,008	1,282
TOTAL	0,002	0	3,752	0,3	0,026	4,08

#### H.2.5 Conclusion pour l'évaluation de $R_1$

Pour la structure, le risque  $R_1 = 4,08 \times 10^{-5}$  est supérieur à la valeur tolérable  $R_T = 10^{-5}$ , nécessitant une protection contre la foudre de la structure.

#### H.2.6 Choix des mesures de protection

La composition des composantes de risques (voir 4.3.1 et 4.3.2) est donnée dans le Tableau H.19.

Tableau H.19 – Composition des composantes de risques  $R_1$  selon les zones (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

Symbol	$Z_1$ Zone d'entrée	$Z_2$ Jardin	$Z_3$ Archives	$Z_4$ Bureaux	$Z_5$ Centre informatique	Structure
$R_D$	0,002	0	2,21	0,177	0,016	2,405
$R_I$	0	0	1,542	0,123	0,01	1,673
TOTAL	0,002	0	3,752	0,3	0,026	4,08
$R_S$	0,002	0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	0,002
$R_F$	0	0	3,752	0,3	0,026	4,312
$R_O$	0	0	0	0	≈ 0	0
TOTAL	0,002	0	3,752	0,3	0,026	4,08

où

$$R_D = R_A + R_B + R_C$$

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

$$R_S = R_A + R_U$$

$$R_F = R_B + R_V$$

$$R_O = R_M + R_C + R_W$$

et

$R_D$  est le risque dû aux impacts sur la structure (source S1);

$R_I$  est le risque dû aux impacts non pas sur la structure, mais l'influencant (sources: S2, S3 et S4);

$R_S$  est le risque de blessure des êtres vivants;

$R_F$  est le risque dû aux dommages physiques;

$R_O$  est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Cette composition montre que le risque pour une structure est principalement dû aux dommages physiques dans la zone  $Z_3$  frappant les lignes connectées et le risque d'incendie (dommage physique) dans la zone  $Z_3$  est 92 % du risque total.

D'après le Tableau H.18, les principales contributions à la valeur de risque  $R_1$  dans la zone  $Z_3$  sont données par:

- la composante  $R_B$  (impact sur la structure) pour 54 %;
- composante  $R_V$  (Ligne de puissance) (impact sur la ligne de puissance) pour  $\approx 9 \%$ ;
- composante  $R_V$  (Ligne de communication) (impact sur la ligne de communication) pour  $\approx 29 \%$ .

Pour réduire le risque à la valeur tolérable, les mesures de protection suivantes pourraient être adoptées:

a) protéger le bâtiment avec un SFP de Type IV conforme à la CEI 62305-3, pour réduire la composante  $R_B$ . Le SFP n'a pas les caractéristiques d'un écran spatial en grille. Les paramètres des Tableaux H.8, H.9 et H.10 changeront comme suit:

- $P_B = 0,2$ ;
- $P_U = P_V = 0,03$  (en raison de la présence du parafoudre sur les lignes entrantes).

b) installer dans les archives (zone  $Z_3$ ) un système automatique d'extinction (ou de détection) pour réduire les composantes  $R_B$  et  $R_V$  dans cette zone et un parafoudre de niveau de protection IV au point d'entrée dans le bâtiment des lignes de puissance et de communication. Les paramètres des Tableaux H.9, H.10 et H.13 changeront comme suit:

- $r_p = 0,2$  uniquement pour la zone  $Z_3$ ;
- $P_U = P_V = 0,03$  (en raison de la présence du parafoudre sur les lignes entrantes).

Les valeurs du risque pour chaque zone en fonction de la solution choisie sont données au Tableau H.20.

Tableau H.20 – Valeurs du risque  $R_1$  en fonction de la solution choisie (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	TOTAL
Solution a)	0,002	0	0,488	0,039	0,003	0,532
Solution b)	0,002	0	0,451	0,18	0,015 8	0,649

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.

### H.3 Hôpital

La structure à considérer est un hôpital. Elle comprend les installations hospitalières courantes, 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.

#### H.3.1 Données et caractéristiques concernées

Données et caractéristiques:

- 1) le bâtiment lui-même et son environnement sont présentés au Tableau H.21;
- 2) les réseaux électriques internes et la ligne de puissance HT entrante concernée sont présentés au Tableau H.22;
- 3) les réseaux électroniques internes et la ligne de communication entrante concernée sont présentés au Tableau H.23.

Tableau H.21 – Caractéristiques de la structure

Paramètre	Note	Symbole	Valeur
Dimensions (m)	—	$L_b \times W_b \times H_b$	50 × 150 × 10
Facteur d'emplacement	Isolé	$C_d$	1
SPF	Aucun	$P_B$	1
Ecran à la frontière de la structure	Aucun	$K_{S1}$	1
Ecran dans la structure	Aucun	$K_{S2}$	1
Densité de foudroiement	1/km <sup>2</sup> /an	$N_g$	4
Personnes présentes dans la structure	A l'intérieur et à l'extérieur	$n_t$	1 000

Tableau H.22 – Caractéristiques du réseau de puissance interne et de la ligne de puissance entrante concernée

Paramètre	Note	Symbole	Valeur
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	200
Longueur (m)		$L_c$	500
Hauteur (m)	Enterrée	–	–
Transfo HT/BT	A l'entrée	$C_t$	0,2
Facteur d'emplacement de ligne	Entouré de petits objets	$C_d$	0,5
Facteur d'environnement de ligne	Suburbain	$C_e$	0,5
Ecran de ligne connecté à la borne principale de terre	$R_s \leq 1 (\Omega/\text{km})$	$P_{LD}$	0,2
		$P_{LI}$	0,008
Précaution d'installation des câbles	Câbles non écrantés – Précautions d'usage afin d'éviter de grandes boucles	$K_{S3}$	0,2
Tension de tenue des matériels $U_w$	$U_w = 2,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	0,6
Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{SPD}$	1
Extrémité «a» de la ligne, dimensions de la structure (m)	Aucune	$L_a \times W_a \times H_a$	–

Tableau H.23 – Caractéristiques du réseau de communication interne et de la ligne entrante concernée

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	200
Longueur (m)	–	$L_c$	300
Hauteur (m)	Enterré	–	–
Facteur d'emplacement de ligne	Entouré de petits objets	$C_d$	0,5
Facteur d'environnement de ligne	Suburbain	$C_e$	0,5
Ecran de ligne connecté à la borne principale de terre	$1 < R_s \leq 5 \Omega/\text{km}$	$P_{LD}$	0,8
		$P_{LI}$	0,04
Précaution d'installation des câbles	Câbles non écrantés – Précautions d'usage afin d'éviter des boucles	$K_{S3}$	0,02
Tension de tenue des matériels $U_w$	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	1
Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{SPD}$	1
Extrémité «a» de la ligne, dimensions de la structure (m)	Aucune	$L_a \times W_a \times H_a$	$20 \times 30 \times 5$
Facteur d'emplacement de structure «a»	Isolé	$C_{da}$	1

### H.3.2 Définition des zones de l'hôpital et de leurs caractéristiques

En tenant compte des éléments suivants:

- le type de sol est différent à l'extérieur et à l'intérieur de la structure;
- la structure et le bloc opératoire sont des compartiments à l'épreuve du feu;
- il n'y a pas d'écrans spatiaux;
- l'unité de soins intensifs contient de nombreux systèmes électroniques sensibles et un écran peut être adopté comme mesure de protection;
- dans l'unité de soins intensifs, les pertes  $L$  sont présumées supérieures à celles des autres parties de la structure;

les zones principales suivantes peuvent être définies:

$Z_1$  (à l'extérieur du bâtiment);

$Z_2$  (bloc chambres);

$Z_3$  (bloc opératoire);

$Z_4$  (unité de soins intensifs).

Les caractéristiques des zones sont données au Tableau H.24 pour la zone  $Z_1$ , au Tableau H.25 pour la zone  $Z_2$ , au Tableau H.26 pour la zone  $Z_3$  et au Tableau H.27 pour la zone  $Z_4$ .

Selon l'estimation des mesures de protection par le concepteur, les valeurs moyennes typiques de pertes relatives annuelles pour le risque  $R_1$  (voir le Tableau C.1)

- $L_t = 10^{-2}$  (à l'extérieur de la structure),
- $L_t = 10^{-4}$  (à l'intérieur de la structure),
- $L_f = 10^{-1}$ ,
- $L_o = 10^{-3}$ ,

sont réduites pour les zones  $Z_1$ ,  $Z_2$  et  $Z_3$ . Pour la zone  $Z_4$ , une valeur par défaut est prise en raison des caractéristiques particulières de cette zone:  $L_o = 10^{-3}$ .

Pour le risque  $R_4$ , des valeurs typiques moyennes de pertes (voir le Tableau C.1) sont choisies:

- $L_f = 5 \times 10^{-1}$
- $L_o = 10^{-2}$

Tableau H.24 – Caractéristiques de la zone  $Z_1$  (extérieur du bâtiment)

Paramètre	Note	Symbolé	Valeur
Type de sol	Béton	$r_a$	$1 \times 10^{-2}$
Protection contre les chocs	Aucune	$P_A$	1
Perte par tensions de contact et de pas	Oui	$L_t$	$1 \times 10^{-4}$
Personnes en danger présentes dans la zone			10

Tableau H.25 – Caractéristiques de la zone Z<sub>2</sub> (bloc chambres)

Paramètre	Note	Symbole	Valeur
Type de sol	Linoléum	r <sub>u</sub>	1 × 10 <sup>-5</sup>
Risque d'incendie	Ordinaire	r <sub>f</sub>	1 × 10 <sup>-2</sup>
Danger particulier (pour R <sub>1</sub> )	Difficulté d'évacuation	h <sub>Z</sub>	5
Danger particulier (pour R <sub>4</sub> )	Aucun	h <sub>Z</sub>	1
Protection contre l'incendie	Aucun	r <sub>p</sub>	1
Ecran spatial	Aucun	K <sub>S2</sub>	1
Réseaux de puissance internes	Connectés à la ligne de puissance	–	–
Réseaux téléphoniques internes	Connectés à une ligne de communication	–	–
Pertes par tensions de contact et de pas (relatives à R <sub>1</sub> )	Oui	L <sub>t</sub>	9,5 × 10 <sup>-5</sup>
Pertes par dommages physiques (relatives à R <sub>1</sub> )	Oui	L <sub>f</sub>	9,5 × 10 <sup>-2</sup>
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R <sub>1</sub> )	Aucune	L <sub>o</sub>	–
Personnes en danger présentes dans la zone			950
Pertes par dommages physiques (relatives à R <sub>4</sub> )	Oui	L <sub>f</sub>	5 × 10 <sup>-1</sup>
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R <sub>4</sub> )	Oui	L <sub>o</sub>	1 × 10 <sup>-2</sup>

Tableau H.26 – Caractéristiques de la zone Z<sub>3</sub> (bloc opératoire)

Paramètre	Note	Symbole	Valeur
Type de sol	Linoléum	r <sub>u</sub>	1 × 10 <sup>-5</sup>
Risque d'incendie	Faibles	r <sub>f</sub>	1 × 10 <sup>-3</sup>
Danger particulier (dû à R <sub>1</sub> )	Difficulté d'évacuation	h <sub>Z</sub>	5
Danger particulier (dû à R <sub>4</sub> )	Aucun	h <sub>Z</sub>	1
Protection contre l'incendie	Aucune	r <sub>p</sub>	1
Ecran spatial	Aucun	K <sub>S2</sub>	1
Réseaux de puissance internes	Connectés à la ligne de puissance	–	–
Réseaux téléphoniques internes	Connectés à une ligne de communication	–	–
Pertes par tensions de contact et de pas (relatives à R <sub>1</sub> )	Oui	L <sub>t</sub>	3,5 × 10 <sup>-6</sup>
Pertes par dommages physiques (relatives à R <sub>1</sub> )	Oui	L <sub>f</sub>	3,5 × 10 <sup>-3</sup>
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R <sub>1</sub> )	Aucune	L <sub>o</sub>	1 × 10 <sup>-3</sup>
Personnes présentes en danger dans la zone			35
Pertes par dommages physiques (relatives à R <sub>4</sub> )	Oui	L <sub>f</sub>	5 × 10 <sup>-1</sup>
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R <sub>4</sub> )	Oui	L <sub>o</sub>	1 × 10 <sup>-2</sup>

Tableau H.27 – Caractéristiques de la zone  $Z_4$  (unité de soins intensifs)

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Type de sol	Linoléum	$r_u$	$10^{-5}$
Risque d'incendie	Faibles	$r_f$	$10^{-3}$
Danger particulier (dû à $R_1$ )	Difficulté d'évacuation	$h_z$	5
Danger particulier (dû à $R_4$ )	Aucun	$h_z$	1
Protection incendie	Non	$r_p$	1
Ecran spatial	Aucun	$K_{S2}$	1
Réseaux de puissance internes	Connectés à la ligne de puissance	-	-
Réseaux téléphoniques internes	Connectés à une ligne de communication	-	-
Pertes par tensions de contact et de pas (relatives à $R_1$ )	Oui	$L_t$	$5 \times 10^{-7}$
Pertes par dommages physiques (relatives à $R_1$ )	Oui	$L_f$	$5 \times 10^{-4}$
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à $R_1$ )	Oui	$L_o$	$1 \times 10^{-3}$
Personnes en danger présentes dans la zone			5
Pertes par dommages physiques (relatives à $R_4$ )	Oui	$L_f$	$5 \times 10^{-1}$
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à $R_4$ )	Oui	$L_o$	$1 \times 10^{-2}$

### H.3.3 Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

Le nombre annuel prévisible d'événements dangereux est évalué conformément à l'Annexe A. Les données sont indiquées au Tableau H.28.

Tableau H.28 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

Symbol	Valeur (1/an)
$N_D$	$8,98 \times 10^{-2}$
$N_M$	1,13
$N_L$ (Puissance)	$2,67 \times 10^{-3}$
$N_i$ (Puissance)	$7,1 \times 10^{-2}$
$N_L$ (Communication)	$7,26 \times 10^{-3}$
$N_i$ (Communication)	$2,13 \times 10^{-1}$
$N_{DA}$ (Communication)	$1,13 \times 10^{-2}$

### H.3.4 Evaluation du risque de pertes humaines: $R_1$

Les paramètres nécessaires pour l'évaluation des composantes de risque sont donnés aux Tableaux H.21 à H.28.

Les valeurs de composantes de risque sont données au Tableau H.29.

Les valeurs de probabilité  $P$  sont données dans le tableau H.30.

Tableau H.29 – Risque  $R_1$  – Valeurs de composantes de risque selon les zones

Symbol	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
$R_A$	X			
$R_B$		X	X	X
$R_C$			X	X
$R_M$			X	X
$R_U$ (Ligne de puissance)		X	X	X
$R_V$ (Ligne de puissance)		X	X	X
$R_W$ (Ligne de puissance)			X	X
$R_Z$ (Ligne de puissance)			X	X
$R_U$ (Ligne de communication)		X	X	X
$R_V$ (Ligne de communication)		X	X	X
$R_W$ (Ligne de communication)			X	X
$R_Z$ (Ligne de communication)			X	X

Tableau H.30 – Valeurs de la probabilité  $P$  pour une structure non protégée

Probabilité	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
$P_A$	1		–	
$P_B$	–		1	
$P_C$ (puissance)	–		1	
$P_C$ (communication)	–		1	
$P_C$	–		1	
$P_M$ (puissance)	–		0,75	
$P_M$ (communication)	–		0,009	
$P_M$	–		0,752	
$P_U$ (puissance)	–		0,2	
$P_V$ (puissance)	–		0,2	
$P_W$ (puissance)	–		0,2	
$P_Z$ (puissance)	–		0,008	
$P_U$ (communication)	–		0,8	
$P_V$ (communication)	–		0,8	
$P_W$ (communication)	–		0,8	
$P_Z$ (communication)	–		0,04	

Les valeurs des composantes de risque pour une structure non protégée sont données dans le Tableau H.31.

Tableau H.31 – Risque  $R_1$  – Valeurs de composantes de risque pour une structure non protégée selon les zones (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

Symbolé	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	Structure
$R_A$	0,009				0,009
$R_B$		42,7	0,157	0,022	44,01
$R_C$			8,98	8,98	8,98
$R_M$			85,2	85,2	85,2
$R_U$ (Ligne de puissance)		≈0	≈0	≈0	≈0
$R_V$ (Ligne de puissance)		0,25	≈0	≈0	0,26
$R_W$ (Ligne de puissance)			0,053	0,005 3	0,053
$R_Z$ (Ligne de puissance)			0,055	0,055	0,055
$R_U$ (Ligne de communication)		≈0	≈0	≈0	≈0
$R_V$ (Ligne de communication)		7,05	0,026	0,004	7,278
$R_W$ (Ligne de communication)			1,48	1,48	1,48
$R_Z$ (Ligne de communication)			0,825	0,825	0,825
TOTAL	0,009	50	96,8	96,62	243,4

### H.3.5 Conclusion pour la valeur de $R_1$

Pour la structure, le risque  $R_1 = 243,4 \times 10^{-5}$  est supérieur à la valeur tolérable  $R_T = 10^{-5}$ , une protection contre la foudre est exigée.

### H.3.6 Choix des mesures de protection

La composition des composantes de risque (voir 4.3.1 et 4.3.2) est donnée dans le Tableau H.32.

Tableau H.32 – Composition des composantes de risque  $R_1$  selon les zones (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

Symbolé	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	Structure
$R_D$	0,009	42,7	9,14	9,02	53,02
$R_I$	0	7,3	87,66	87,6	95,13
TOTAL	0,009	50	96,8	96,62	243,4
$R_S$	0,009	0	≈0	≈0	0,009
$R_F$	0	50	0,2	0,026	50,22
$R_O$	0	0	96,6	96,6	193,2
TOTAL	0,009	50	96,8	96,62	243,4

avec

$$R_D = R_A + R_B + R_C$$

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

$$R_S = R_A + R_U$$

$$R_F = R_B + R_V$$

$$R_O = R_M + R_C + R_W$$

où

- $R_D$  est le risque dû aux impacts sur la structure (source S1);  
 $R_I$  est le risque dû aux impacts non pas sur la structure, mais l'influencent (sources: S2, S3 and S4);  
 $R_S$  est le risque de blessure des êtres vivants;  
 $R_F$  est le risque dû aux dommages physiques;  
 $R_O$  est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Cette composition montre que le risque  $R_I$  pour une structure est principalement dû aux défaillances du réseau interne dans les zones  $Z_3$  et  $Z_4$  en raison des impacts à proximité de la structure.

Le risque  $R_I$  dépend surtout

- des défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF dans les zones  $Z_3$  et  $Z_4$  (composantes  $R_M \approx 57\%$  et  $R_C \approx 6\%$  du risque total)
- des dommages physiques dans la zone  $Z_2$  (composantes  $R_B \approx 27\%$  et  $R_V \approx 4\%$  du risque total)

La composante  $R_B$  peut être réduite soit par

- un SPF conforme à la CEI 62305-3 pour l'ensemble du bâtiment,
- en équipant la zone  $Z_2$  de mesures de protection pour réduire les conséquences du feu (par exemple extincteur, système automatique de détection incendie, etc.).

Les composantes  $R_C$  et  $R_V$  peuvent être réduites en équipant les réseaux internes de puissance et téléphonique de parafoudres coordonnés conformes à la CEI 62305-4.

La composante  $R_M$  dans les zones  $Z_3$  et  $Z_4$  peut être réduite:

- en équipant les réseaux internes de puissance et de communication ainsi que le réseau local de parafoudres coordonnés conformes à la CEI 62305-4;
- en équipant les zones  $Z_3$  et  $Z_4$  d'un écran spatial en grille adéquate conforme à la CEI 62305-4.

Les solutions suivantes pourraient être adoptées comme mesures de protection:

a) Solution 1

- Protection du bâtiment avec un SPF de Type I.
- Installation renforcée (1,5x) de parafoudres coordonnés avec  $P_{SPD} = 0,005$  sur les réseaux internes de puissance et de communication.
- Equipement de la zone  $Z_2$  avec un système automatique de détection incendie.
- Equipement des zones  $Z_3$  et  $Z_4$  avec un écran maillé  $w = 0,5\text{ m}$ .

En choisissant cette solution, les paramètres du Tableau H.25 changeront, conduisant aux probabilités du Tableau H.33. Le facteur réduisant les pertes dues  $r_p = 0,2$  seulement pour la zone  $Z_2$  sera modifié par les valeurs du Tableau H.3.13.

Tableau H.33 – Risque  $R_1$  – Valeurs de la probabilité  $P$   
pour une structure protégée selon la solution a)

Probabilité	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$P_A$	1		–	
$P_B$	–		0,02	
$P_C$ (Puissance)	–		0,005	
$P_C$ (Telecom)	–		0,005	
$P_C$	–		0,0019 9	
$P_M$ (Puissance)	–		0,000 1	
$P_M$ (Telecom)	–		0,000 1	
$P_M$	–		0,000 2	
$P_U$ (puissance)	–		0,005	
$P_V$ (puissance)	–		0,005	
$P_W$ (puissance)	–		0,005	
$P_Z$ (puissance)	–		0,005	
$P_U$ (telecom)	–		0,005	
$P_V$ (telecom)	–		0,005	
$P_W$ (telecom)	–		0,005	
$P_Z$ (telecom)	–		0,005	

b) Solution 2

- Protection du bâtiment avec un SPF de Type I.
- Installation renforcée (3x) de parafoudres coordonnés de  $P_{SPD} = 0,001$  sur les réseaux internes de puissance et de communication.
- Equipement de la zone  $Z_2$  avec des détecteurs de feu automatiques.

En choisissant cette solution, les paramètres du Tableau H.25 seront modifiés, conduisant aux probabilités du Tableau H.34. Le facteur de réduction de perte dû aux dispositions prises contre l'incendie sera modifié de  $r_p = 0,5$  pour la zone  $Z_2$ .

Tableau H.34 – Risque  $R_1$  – Valeurs de la probabilité  $P$   
pour une structure protégée selon la solution b)

Probabilité	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
$P_A$	1		–	
$P_B$	–		0,02	
$P_C(\text{puissance})$	–		0,001	
$P_C(\text{telecom})$	–		0,001	
$P_C$	–		0,002	
$P_M(\text{puissance})$	–		0,001	
$P_M(\text{telecom})$	–		0,001	
$P_M$	–		0,002	
$P_U(\text{puissance})$	–		0,001	
$P_V(\text{puissance})$	–		0,001	
$P_W(\text{puissance})$	–		0,001	
$P_Z(\text{puissance})$	–		0,001	
$P_U(\text{telecom})$	–		0,001	
$P_V(\text{telecom})$	–		0,001	
$P_W(\text{telecom})$	–		0,001	
$P_Z(\text{telecom})$	–		0,001	

c) Solution 3

- Protection du bâtiment avec un SPF de Type I.
- Installation renforcée (2x) de parafoudres coordonnés de  $P_{SPD} = 0,002$  sur les réseaux internes de puissance et de communication.
- Equipement de la zone Z<sub>2</sub> avec une détection automatique d'incendie.
- Equipement des zones Z<sub>3</sub> et Z<sub>4</sub> avec un écran maillé avec  $w = 0,1$  m.

En choisissant cette solution, les paramètres du Tableau H.25 seront modifiés, conduisant aux probabilités du Tableau H.35. Le facteur de réduction de perte dû aux dispositions prises contre l'incendie sera modifié de  $r_p = 0,2$  pour la zone Z<sub>2</sub>.

Tableau H.35 – Risque  $R_1$  – Valeurs de la probabilité  $P$  pour une structure protégée selon la solution c)

Probabilité	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
$P_A$	1		–	
$P_B$	–		0,02	
$P_C(\text{Puissance})$	–		0,002	
$P_C(\text{Telecom})$	–		0,002	
$P_C$	–		0,004	
$P_M(\text{Puissance})$	–		0,000 1	
$P_M(\text{Telecom})$	–		0,000 1	
$P_M$	–		0,000 2	
$P_U(\text{Puissance})$	–		0,002	
$P_V(\text{Puissance})$	–		0,002	
$P_W(\text{Puissance})$	–		0,002	
$P_Z(\text{Puissance})$	–		0,002	
$P_U(\text{Telecom})$	–		0,002	
$P_V(\text{Telecom})$	–		0,002	
$P_W(\text{Telecom})$	–		0,002	
$P_Z(\text{Telecom})$	–		0,002	

Les valeurs du risque pour chaque zone en fonction de la solution choisie sont données au Tableau H.36.

Tableau H.36 – Risque  $R_1$  – Valeurs du risque en fonction de la solution choisie  
(valeurs  $\times 10^{-5}$ )

	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	TOTAL
Solution a)	0,009	0,181	0,263	0,261	0,714
Solution b)	0,009	0,173	0,277	0,274	0,733
Solution c)	0,009	0,175	0,121	0,118	0,423

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.

### H.3.7 Données pour l'analyse des coûts

Le coût des pertes totales  $C_L$  peut être calculé par l'Equation (G.1) de l'Annexe G.

Les valeurs économiques, y compris les pertes d'activités, sont données au Tableau H.37 pour chaque zone.

Tableau H.37 – Valeurs des coûts des pertes relatives aux zones  
(valeurs en \$ x 10<sup>6</sup>)

Symbol	Bâtiment B	Contenu I	Réseau de puissance A	Réseau de communication A	Total
$Z_1$	-	-	-		-
$Z_2$	70	6	3	0,5	79,5
$Z_3$	2	0,9	5	0,5	8,4
$Z_4$	1	0,1	0,015	1	2,1
Total	73	7	8	2	90

Les valeurs d'intérêt, d'amortissement et de taux de maintenance relatives aux mesures de protection sont données au Tableau H.38.

Tableau H.38 – Valeurs relatives aux taux

Taux	Symbol	Valeur
Intérêt	$i$	0,04
Amortissement	$\alpha$	0,05
Maintenance	$m$	0,01

### H.3.8 Evaluation du risque de pertes économiques: $R_4$

Les paramètres nécessaires pour l'évaluation des composantes de risque sont donnés aux Tableaux H.31 à H.39.

Les valeurs de composantes de risque pour une structure non protégée sont données au Tableau H.39.

Tableau H.39 – Risque  $R_4$  – Valeurs des composantes de risque pour une structure non protégée selon les zones (valeurs  $\times 10^{-5}$ )

Symbol	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$R_B$	44,9	4,49	4,49
$R_C$ (Ligne de puissance)	89,8	89,8	89,8
$R_C$ (Ligne de communication)	89,8	89,8	89,8
$R_M$ (Ligne de puissance)	849	849	849
$R_M$ (Ligne de communication)	10,2	10,2	10,2
$R_V$ (Ligne de puissance)	0,27	0,027	0,027
$R_W$ (Ligne de puissance)	0,53	0,53	0,53
$R_Z$ (Ligne de puissance)	0,55	0,55	0,55
$R_V$ (Ligne de communication)	7,42	0,74	0,74
$R_W$ (Ligne de communication)	14,8	14,8	14,8
$R_Z$ (Ligne de communication)	8,25	8,25	8,25

### H.3.6 Analyse des coûts

Le coût des pertes résiduelles  $C_{RL}$  peut être calculé par l'Equation (G.2) de l'Annexe G après évaluation des nouvelles valeurs des composantes de risque en fonction des mesures de protection choisies (voir H.3.4 – solutions a), b) et c)).

Les valeurs des coûts des pertes  $C_L$  pour la structure non protégée et des pertes résiduelles  $C_{RL}$  pour la structure protégée en fonction de la solution a), b) et c) sont données au Tableau H.40.

Tableau H.40 – Montant des pertes  $C_L$  et  $C_{RL}$  (valeurs en \$)

Symbol	$C_L$ (non protégé)	$C_{RL}$ (protégé) Solution a)	$C_{RL}$ (protégé) Solution b)	$C_{RL}$ (protégé) Solution c)
$Z_2$	68 801	3 503	3 325	4066
$Z_3$	47 779	2 293	5 011	202
$Z_4$	1 430	27	927	64
Total	118 010	5 824	9 262	4332

Le coût  $C_P$  et le coût annuel  $C_{PM}$  des mesures de protection est donné au Tableau H.41 (voir l'Equation (G.4) de l'Annexe G).

Tableau H.41 – Coût  $C_P$  et  $C_{PM}$  des mesures de protection (valeurs en \$)

Mesures de protection	$C_P$	$C_{PM}$
SPF de type I	100 000	10 000
Détecteur d'incendie	50 000	5 000
Ecran des zones $Z_3$ et $Z_4$ ( $w = 0,5$ )	100 000	10 000
Ecran des zones $Z_3$ et $Z_4$ ( $w = 0,1$ )	110 000	11 000
1,5 parafoudre sur système de puissance	20 000	2 000
2 parafoudres coordonnés sur réseau de puissance	24 000	2 400
3 parafoudres coordonnés sur réseau de puissance	30 000	3 000
1,5 parafoudre sur réseau de communication	10 000	1 000
2 parafoudres coordonnés sur réseau de communication	12 000	2 000
3 parafoudres coordonnés sur réseau de communication	15 000	1 500

L'économie annuelle en monnaie

$$S = C_L - (C_{RL} + C_{PM})$$

est donnée au Tableau H.42.

Tableau H.42 – Economie annuelle (valeur en \$)

Solution a)	84 186
Solution b)	89 248
Solution c)	84 078

#### H.4 Immeuble d'appartements

La dernière étude de cas concernant les structures concernera l'évaluation du risque  $R_1$  pour un immeuble d'appartements situé dans une région où la densité de foudroiement  $N_g = 4$  impacts au km<sup>2</sup> par an sera déterminée.

Conformément au Tableau 3, les composantes de risques  $R_B$ ,  $R_U$  et  $R_V$  doivent être déterminées.

Le bâtiment est isolé: il n'y a pas d'autres structures environnantes.

Les services entrants sont les suivants:

- ligne de puissance BT;
- ligne téléphonique.

Les caractéristiques de structure sont données au Tableau H.43.

Tableau H.43 – Caractéristiques de la structure

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Dimensions (m)	-	$L_b \times W_b \times H_b$	$30 \times 20 \times 20$
Facteur d'emplacement	Isolé	$C_d$	1
SPF	Aucun	$P_B$	1
Densité de foudroiement	1/km <sup>2</sup> /an	$N_g$	4

Les zones suivantes peuvent être définies:

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

Personne ne se tient à l'extérieur du bâtiment; le risque  $R_1$  pour la zone  $Z_1$  peut être négligé.

Une évaluation économique n'est pas exigée.

Les paramètres de la zone  $Z_2$  sont donnés au Tableau H.44.

Tableau H.44 – Paramètres de la zone  $Z_2$

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Type de sol	Bois	$r_a$	$10^{-5}$
Risque d'incendie	Variable	$r_f$	-
Danger particulier	Aucun	$h_z$	1
Protection incendie	Aucun	$r_p$	1
Protection contre les chocs	Aucun	-	-
Réseaux de puissance internes	Connecté à une ligne de puissance BT	-	-
Réseaux téléphoniques internes	Connectés à une ligne de communication	-	-
Pertes par tensions de contact et de pas (relatives à $R_1$ )	Oui	$L_t$	$10^{-4}$
Pertes par dommages physiques (relatives à $R_1$ )	Oui	$L_f$	$10^{-1}$

Les caractéristiques des réseaux internes et des réseaux entrants concernés sont données au Tableau H.45 pour le réseau de puissance et au Tableau H.46 pour le réseau de communication.

Tableau H.45 – Paramètres du réseau de puissance interne et du réseau entrant concerné

Paramètre	Note	Symbolé	Valeur
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	250
Longueur (m)	–	$L_c$	200
Hauteur (m)	Enterrée	–	–
Transfo HT/BT	Aucun	$C_t$	1
Facteur d'emplacement de ligne	Entouré de petits objets	$C_d$	0,5
Facteur d'environnement de ligne	Suburbain	$C_e$	0,5
Ecran de ligne	Non	$P_{LD}$	1
		$P_{LI}$	0,4
Tension de tenue des matériels $U_w$	$U_w = 2,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	0,6
Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{SPD}$	1
Extrémité «a» de la ligne, dimensions de la structure (m)	Aucun	$L_a \times W_a \times H_a$	–

Tableau H.46 – Paramètres du réseau de communication interne et du réseau entrant concerné

Paramètre	Note	Symbolé	Valeur
Résistivité du sol	( $\Omega\text{m}$ )	$\rho$	250
Longueur (m)	–	$L_c$	100
Hauteur (m)	Enterrée	–	–
Facteur d'emplacement de ligne	Entouré de petits objets	$C_d$	0,5
Facteur d'environnement de ligne	Suburbain	$C_e$	0,5
Ecran de ligne	Aucun	$P_{LD}$	1
		$P_{LI}$	1
Tension de tenue des matériels $U_w$	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	1
Parafoudres coordonnés	Aucun	$P_{SPD}$	1
Extrémité «a» de la ligne, dimensions de la structure (m)	Aucun	$L_a \times W_a \times H_a$	–

Les valeurs du risque  $R_1$  et les mesures de protection à adopter pour réduire le risque à un niveau tolérable  $R_T = 10^{-5}$  sont données au Tableau H.47 en fonction de la hauteur du bâtiment et de son risque d'incendie.

Tableau H.47 – Mesures de protection à adopter en fonction de la hauteur du bâtiment et du risque d'incendie

Risque d'incendie	Hauteur m	Type de SPF	Protection contre le feu	$R_1 (\times 10^{-5})$	Structure protégée
Faibles	20	–	–	0,77	x
		–	–	7,7	Non
Ordinaire	20	III	–	0,74	x
		IV	(2)	0,73	x
Elevé	20	–	–	77	Non
		II	(3)	0,74	x
Faibles	40	I	–	1,49	Non
		I	(1)	0,74	x
Ordinaire	40	–	–	2,33	Non
		–	(3)	0,46	x
Elevé	40	IV	–	0,46	x
		–	–	23,3	Non
Ordinaire	40	IV	(3)	0,93	x
		I	–	0,46	x
Elevé	40	–	–	233	Non
		I	(3)	0,93	x

(1) Extincteurs.

(2) Prises d'eau.

(3) Alarme automatique.

## Annexe I (informative)

### Etude de cas des services – Ligne de communication

#### I.1 Généralités

Le service à considérer est la ligne de communication utilisant des conducteurs métalliques. La perte de service public (L2) et les pertes de valeurs économiques (L4) peuvent affecter ce type de service de manière telle qu'il convienne d'évaluer les risques correspondants  $R'_2$  et  $R'_4$ , mais à la demande de l'opérateur, seul le risque  $R'_2$  sera évalué.

#### I.2 Données de base

La ligne se situe dans une région dont la densité de foudroiement est  $N_g = 4$  impacts au  $\text{km}^2$  par an comme indiqué à la Figure I.1 (aucun équipement n'est installé le long de cette ligne).

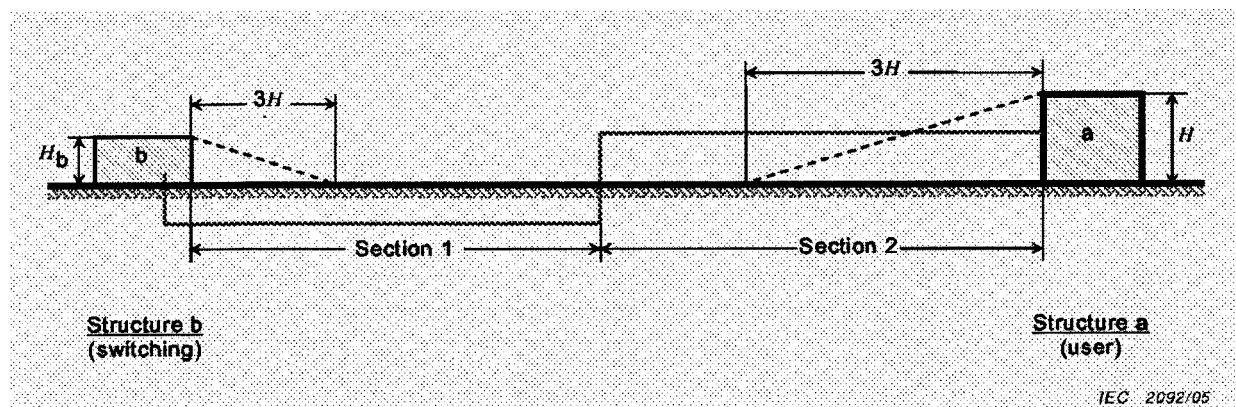


Figure I.1 – Ligne de communication à protéger

#### I.3 Caractéristiques de la ligne

La ligne comprend deux sections:

- la section  $S_1$ : ligne écrantée enterrée connectée au bâtiment de l'utilisateur: pas de mesures de protection contre les défaillances;
- la section  $S_2$ : ligne écrantée aérienne connectée au bâtiment du commutateur: pas de mesures de protection contre les défaillances;

avec trois points de transition:

- $T_b$ : à l'entrée de la section  $S_1$  dans le bâtiment «b» (commutation): aucune mesure de protection n'est installée en ce point;
- $T_{1/2}$ : entre la section  $S_1$  et la section  $S_2$ : aucune mesure de protection n'est installée en ce point;
- $T_a$ : à l'entrée de la section  $S_2$  dans le bâtiment «a» (utilisateur): aucune mesure de protection n'est installée en ce point.

L'écran de la section  $S_1$  est mis à la terre à ses deux extrémités, par exemple à la borne de terre du bâtiment de commutation ( $T_b$ ) et au point de transition  $T_{1/2}$  avec une valeur de prise de terre de quelques dizaines d'ohms.

Les caractéristiques de la ligne sont données dans le Tableau I.1 pour la section  $S_1$  et dans le Tableau I.2 pour la section  $S_2$ .

Tableau I.1 – Caractéristiques de la section  $S_1$  de la ligne

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	500
Longueur (m)	-	$L_c$	600
Hauteur (m)	Enterrée	-	-
Facteur d'emplacement de ligne	Entouré	$C_d$	0,5
Facteur d'environnement de ligne	Rural	$C_e$	1
Résistance d'écran de ligne ( $\Omega/\text{km}$ )	-	$R_s$	0,5
Type d'écran	Plomb	-	-
Caractéristiques d'écran	Pas de contact avec le sol	$K_d$	0,4
Type d'isolation de ligne	Papier	$U_w (\text{kV})$	1,5
Type de matériel en $T_b$	Électronique	$U_w (\text{kV})$	1,5 <sup>1)</sup>
Type de matériel en $T_{1/2}$	Aucun	-	-
Mesures de protection	Aucun	$K_p$	1

1) Niveau renforcé de l'UIT Recommandation K.20 [4].

Tableau I.2 – Caractéristiques de la section  $S_2$  de la ligne

Paramètre	Note	Symbol	Valeur
Résistivité du sol	$\Omega\text{m}$	$\rho$	500
Longueur (m)	-	$L_c$	800
Hauteur (m)	Aérienne	$H_c$	6
Facteur d'emplacement de ligne	Entouré	$C_d$	0,5
Facteur d'environnement de ligne	Rural	$C_e$	1
Résistance d'écran de ligne ( $\Omega/\text{km}$ )	Non écranté	-	-
Type d'isolation de ligne	Plastique	$U_w$ (kV)	5
Type de matériel en $T_a$	Électronique	$U_w$ (kV)	1,5 <sup>1)</sup>
Type de matériel en $T_{1/2}$	Aucun		
Mesures de protection	Aucun	$K_p$	1

1) Niveau renforcé de l'UIT Recommandation K.20.

#### I.4 Caractéristiques d'extrémité de ligne dans la structure

Les caractéristiques de l'extrémité de ligne dans les structures sont données au Tableau I.3.

Tableau I.3 – Caractéristiques d'extrémité de ligne dans la structure

Structure	Dimensions m $L \times W \times H$	Facteur d'emplacement $C_d$	Nombre $n$ de services vers la structure
«a»	25 × 20 × 15	2	3
«b»	20 × 30 × 10	0,5	10

#### I.5 Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

Le nombre annuel prévisible d'événements dangereux est évalué conformément à l'Annexe A.  
Les données sont indiquées au Tableau I.4.

Tableau I.4 – Nombre annuel prévisible d'événements dangereux

Paramètre	Valeur (1/an)
$N_{Da}$	0,0873
$N_{Db}$	0,0129
$N_L(S1)$	0,0235
$N_I(S1)$	0,617
$N_L(S2)$	0,052 2
$N_I(S2)$	1,6

#### I.6 Composantes de risque

Les composantes de risque pour chaque section sont données dans le Tableau I.5.

Tableau I.5 – Risque  $R'_2$  – Composantes de risque relatives aux sections S de la ligne

Paramètre	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
$R'_B(a)$	–	x
$R'_B(b)$	x	–
$R'_C(a)$	–	x
$R'_C(b)$	x	–
$R'_V$	x	x
$R'_W$	x	x
$R'_Z$	x	x

Les courants de défaut et les probabilités nécessaires pour l'évaluation des composantes de risque sont donnés dans le Tableau I.6.

Tableau I.6 – Risque  $R'_2$  – Courants de défaut et probabilités  $P'$  pour une ligne non protégée

Paramètre	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
$I_{a(B,C)}$ (kA)	>600 <sup>(1)</sup>	0 <sup>(2)</sup>
$I_{a(V)}$ (kA)	40 <sup>(3)</sup>	0 <sup>(2)</sup>
$I_{a(W)}$ (kA)	125 <sup>(4)</sup>	0 <sup>(2)</sup>
$P'_B(a)/(I_a(B))$	–	1 <sup>(5)</sup>
$P'_B(b)/(I_a(B))$	0,001 <sup>(5)</sup>	–
$P'_C(a)/(I_a(C))$	–	1 <sup>(5)</sup>
$P'_C(b)/(I_a(C))$	0,001 <sup>(5)</sup>	–
$P'_V/(I_a(V))$	0,4	1
$P'_W/(I_a(W))$	0,035	1
$P'_Z(Ta)$ (pour matériel en $T_a$ , $U_w = 1,5$ kV) <sup>(6)</sup>	0,5 <sup>(8)</sup>	1 <sup>(8)</sup>
$P'_Z(Tb)$ (pour matériel en $T_b$ , $U_w = 1,5$ kV) <sup>(6)</sup>	0,02 <sup>(7)</sup>	1 <sup>(8)</sup>
$P'_Z(T1/2)$ (défaut d'un câble enterré, $U_w = 1,5$ kV) <sup>(6)</sup>	0,5 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(8)</sup>

(1)  $I_a = 25 \pi U_w / (R_s \times K_d \times K_p)$  avec  $K_p = 1$  et  $K_d = 0,4$  (voir Annexe D.1 et Tableau D.1).

(2)  $I_a = 0$  pour une ligne sans écran (voir Annexe D.1).

(3) Limité à 40 kA en raison d'un écran en plomb (voir D.1.2).

(4)  $I_a = 25 U_w / (R_s \times K_d \times K_p)$  avec  $K_p = 1$  et  $K_d = 0,4$  (voir Annexe D.1.2 et Tableau D.1).

(5) Voir Tableau D.5.

(6) Les valeurs de  $P'_Z$  sont données dans le Tableau B.7. La règle d'application de ce tableau pour une section écrantée est la suivante:

Si le point de transition considéré est entre deux sections écrantées ou si la section écrantée pénètre dans la structure et est connectée à la borne de terre lorsque l'équipement est connecté, les valeurs du Tableau B.7 données dans les colonnes "Ecran lié à ..." s'appliquent à la section écrantée.

Dans les autres cas, les valeurs du Tableau B.7 données dans les colonnes "Ecran non relié..." s'appliquent aux sections écrantées, si l'écran est relié à la terre à ses deux extrémités avec une valeur de terre de quelques dizaines d'ohms. Autrement la section écrantée est considérée comme non écrantée.

(7) Valeurs du Tableau B.7 dans les colonnes "Ecran relié à ...".

(8) Valeurs du Tableau B.7 dans les colonnes "Pas d'écran ...".

(9) Valeurs du Tableau B.7 dans les colonnes "Ecran non relié à ...".

## I.7 Evaluation du risque $R'_2$

Selon les calculs du concepteur de la protection contre la foudre se fondant sur l'expérience de l'opérateur, les valeurs moyennes suivantes de pertes annuelles relatives au risque  $R_2$  sont prises:

$$L_t = 3 \times 10^{-3}$$

$$L_0 = 10^{-3} \text{ (valeur par défaut – voir Tableau E.1).}$$

Les valeurs de composantes de risque pour une ligne non protégée sont données au Tableau I.7.

Tableau I.7 – Risque  $R'_2$  – Valeurs des composantes de risque pour une ligne non protégée selon les sections S (valeurs  $\times 10^{-3}$ )

Paramètre	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Ligne
$R'_B(a)$ <sup>(1)</sup>	–	0,261	0,261
$R'_B(b)$ <sup>(1)</sup>	≈0	–	≈0
$R'_C(a)$ <sup>(2)</sup>	–	0,0873	0,087 3
$R'_C(b)$ <sup>(2)</sup>	≈0	–	≈0
$R'_V$	0,0 282	0,1 566	0,184 8
$R'_W$	0,0 008	0,0 522	0,053
$R' = R'_B(a) + R'_B(b) + R'_C(a) + R'_C(b) + R'_V + R'_W$			0,586 1
$R'_{Z(Ta)}$ <sup>(5)</sup>	0,2 967	1,547 8	1,845
$R'_{Z(Tb)}$ <sup>(6)</sup>	0,0 119	1,547 8	1,59
$R'_{Z(T1/2)}$ <sup>(7)</sup>	0,2 967	1,547 8	1,845
$R_{2(Ta)} = R' + R'_{Z(Ta)}$			2,431 1
$R_{2(Tb)} = R' + R'_{Z(Tb)}$			2,176 1
$R_{2(T1/2)} = R' + R'_{Z(T1/2)}$			2,431 1
(1) $R'_B = N_D \times P'_B \times L'_f$			
(2) $R'_C = N_D \times P'_C \times L'_0$			
(3) $R'_V = N_L \times P'_V \times L'_f$			
(4) $R'_W = N_L \times P'_W \times L'_0$			
(5) $R'_{Z(Ta)} = (N_I - N_L) \times P'_{Z(Ta)} \times L'_0$			
(6) $R'_{Z(Tb)} = (N_I - N_L) \times P'_{Z(Tb)} \times L'_0$			
(7) $R'_{Z(T1/2)} = (N_I - N_L) \times P'_{Z(T1/2)} \times L'_0$			

La valeur  $R'_2 = 3,508 \times 10^{-3}$  étant supérieure à la valeur tolérable  $R_T = 10^{-3}$ , la protection contre la foudre est nécessaire pour la ligne.

Le Tableau I.7 montre, qu'en raison de la composante de risque  $R'_Z$  dans la section S<sub>2</sub>, le risque  $R'_2$  dépasse la valeur tolérable aux points de transition T<sub>a</sub>, T<sub>b</sub> et T<sub>1/2</sub>. Ainsi, cette composante doit être réduite. En raison de l'installation de la ligne (impossible de remplacer une section non écrantée par une section écrantée), des parafoudres conformes à la CEI 62305-5 doivent être utilisés comme mesure de protection.

Afin de réduire le risque  $R'_2$  sous la valeur tolérable, il est suffisant de choisir des parafoudres appropriés au niveau de protection III, par exemple  $P_{SDP} = 0,03$  (voir Tableau B.3).

Les parafoudres installés aux points de transition  $T_a$  et  $T_{1/2}$ :

- réduisent les probabilités  $P'_{Z(Ta)}$  et  $P'_{Z(T_{1/2})}$  à la valeur  $P_{SPD}$ ;
- n'affectent pas les probabilités  $P'_V$  et  $P'_W$  (voir D.1.2);
- n'affectent pas les probabilités  $P'_B$  et  $P'_C$  relatives à la section  $S_2$  car elle est aérienne (voir D.1.1);
- n'affectent pas les probabilités  $P'_B$  et  $P'_C$  relatives à la section  $S_1$  car elles sont inférieures à  $P_{SPD}$  (voir D.1.1).

De plus, conformément à la définition 3.25 et à l'Article A.4 avec des parafoudres installés au point de transition  $T_{1/2}$ ,  $T_{1/2}$  devient un "nœud" pour le point de transition  $T_b$  et la section  $S_2$  de la ligne ne peut contribuer à la valeur de risque  $R'_{Z(Tb)}$  (voir Annexe A de la CEI 62305-5).

Les valeurs de probabilités  $P'$  pour la ligne protégée sont données dans le Tableau I.8.

Tableau I.8 – Risque  $R'_2$  – Valeurs des probabilités  $P'$  pour une ligne protégée

Paramètre	$S_1$	$S_2$
$P'_{B(a)(a(B))}$	–	1
$P'_{B(b)(a(B))}$	0,001	–
$P'_{C(a)(a(C))}$	–	1
$P'_{C(b)(a(C))}$	0,001	–
$P'_V(a(V))$	0,4	1
$P'_W(a(W))$	0,035	1
$P'_{Z(Ta)}$ (pour matériel en $T_a$ , $U_w = 1,5$ kV)	0,03	0,03
$P'_{Z(Tb)}$ (pour matériel en $T_b$ , $U_w = 1,5$ kV)	0,02	–
$P'_{Z(T_{1/2})}$ (défaut d'un câble enterré, $U_w = 1,5$ kV)	0,03	0,03

Les valeurs de probabilités pour la ligne protégée sont données dans le Tableau I.9 qui démontre que le risque  $R'_2$  est plus faible que la valeur tolérable; par conséquent la protection de la ligne contre la foudre est achevée.

Tableau I.9 – Risque  $R'_2$  – Valeurs des composantes de risque  
pour une ligne protégée par un parafoudre installé au point de transition  
 $T_{1/2}$  et  $T_a$  avec  $P_{SPD} = 0,03$  (valeurs  $\times 10^{-3}$ )

Paramètre	$S_1$	$S_2$	Ligne
$R'_{B(a)}$	–	0,261	0,261
$R'_{B(b)}$	$\approx 0$	–	$\approx 0$
$R'_{C(a)}$	–	–	0,087 3
$R'_{C(b)}$	$\approx 0$	–	$\approx 0$
$R'_V$	0,028 2	0,156 6	0,184 8
$R'_W$	0,000 8	0,052 2	0,053
$R' = R'_{B(a)} + R'_{B(b)} + R'_{C(a)} + R'_{C(b)} + R'_V + R'_W$			0,586 1
$R'_{Z(Ta)}$	0,017 8	0,055 3	0,073 1
$R'_{Z(Tb)}$	0,011 9	–	0,011 9
$R'_{Z(T1/2)}$	0,017 8	0,055 3	0,073 1
$R_{2(Ta)} = R' + R'_{Z(Tb)}$			0,659 2
$R_{2(Tb)} = R' + R'_{Z(Ta)}$			0,598
$R_{2(T1/2)} = R' + R'_{Z(T1/2)}$			0,659 2

## Annexe J (informative)

### Logiciel simplifié pour l'évaluation du risque

#### J.1 Principes

La Méthode Simplifiée de Calcul D'estimation du Risque de la CEI (SIRAC en anglais) est un logiciel se fondant sur les calculs et les méthodes de la CEI 62305-2 qui est destinée à aider au calcul de la détermination des composantes de risque pour des structures simples. Elle est destinée à compléter l'application de la CEI 62305-2 pour l'estimation du risque pour la protection contre la foudre. Il est essentiel d'observer que ce logiciel est une simplification de la méthode plus rigoureuse d'évaluation du risque décrite dans la présente norme. Le logiciel se veut relativement intuitif pour les utilisateurs souhaitant une estimation initiale du risque.

L'objectif et les limites de cette méthode simplifiée sont les suivants:

- Permettre à des utilisateurs plus généralistes de la CEI 62305-2 d'effectuer des calculs pour des structures typiques sans une connaissance approfondie des détails et méthodes décrites dans la présente norme.
- Promouvoir l'application de la norme et élargir la méthode d'analyse du risque à un lectorat plus étendu et, donc à davantage d'utilisateurs. On estime qu'un logiciel aussi convivial entraînera aussi une plus grande adhésion de la profession à cette norme.
- Fournir un logiciel d'estimation du risque dédié à des structures typiques, simples dans des situations très générales. Pour parvenir à ce but, certains paramètres sont fixés par défaut et l'utilisateur n'a qu'à choisir dans un éventail plus limité.
- Le logiciel ne met pas en œuvre la pleine fonctionnalité de la présente norme; une telle mise en œuvre aurait entraîné une complexité non désirée. Les utilisateurs sont encouragés à utiliser la norme pour une estimation du risque plus détaillée avec des structures complexes et des cas particuliers.
- Ce logiciel n'est pas destiné à calculer les composantes de risque pour les services.
- Il convient que la méthode simplifiée de calcul d'estimation du risque de la CEI soit considérée comme un complément de la CEI 62305-2 avec mise à jour sur une ligne du serveur FTP de la CEI afin de prendre en compte les modifications par téléchargement au fur et à mesure des besoins.

#### J.2 Description des paramètres

Les paramètres essentiels pour le calcul des composantes de risque dans le logiciel sont classés en trois catégories:

- les paramètres que l'utilisateur doit choisir selon les définitions et les possibilités données dans la norme (voir Tableau J.1);
- les paramètres proposés à l'utilisateur, à choix limité dans l'éventail de la norme (voir Tableau J.2);
- les paramètres, qui sont codés et inaccessibles pour l'utilisateur qui ne peut donc pas les modifier (voir Tableau J.3).

Tableau J.1 – Paramètres choisis par l'utilisateur

Paramètre	Abréviation/ Symbole
Longueur, largeur et hauteur de la structure à protéger	$L, W, H$
Densité de foudroiement	$N_g$
Facteur d'emplacement	$C_d$
Facteur d'environnement	$C_e$
Type de service (puissance, autres services aériens, autres services en souterrain)	
Remarque: Un transformateur n'est possible que pour la ligne de puissance	
Système de protection contre la foudre selon la CEI 62305-3	$P_B$
Protection contre les chocs (surtension) pour les services – seulement au point de pénétration (parafoudre avec équipotentialité) – ou parafoudres coordonnés selon la CEI 62305-4 pour l'ensemble du réseau interne connecté aux services	$P_{SPD}$
Remarque: L'utilisateur ne peut choisir qu'une seule valeur de protection contre les chocs. Cette valeur s'applique à tous les services pour l'ensemble de la structure à protéger	
Risque de feu ou de dommages physiques pour la structure	$r_f$
Protection contre l'incendie	$r_p$
Dangers particuliers	$h_z$
Choix des pertes appropriées (types de pertes)	

Tableau J.2 – Paramètres avec choix limités pour l'utilisateur

Paramètre	Abréviation/ Symbole
Efficacité de l'écran de la structure	$K_{S1}$
Type de câblage intérieur	$K_{S3}$
Ecrantage des services externes (type de câblage externe)	$P_{LD}, P_{LI}$
Facteurs de pertes dus au feu: il est demandé à l'utilisateur le type de structure à protéger Remarque: Un calcul de $L_f$ pour les quatre types de pertes, comme cela est défini à l'Annexe C de la norme, n'est pas possible. L'utilisateur choisira le type de structure à protéger dans la liste proposée	$L_f$
Facteurs de pertes dues aux surtensions Remarque: Un calcul de $L_o$ pour les quatre types de pertes, comme cela est défini à l'Annexe C de la norme, n'est pas possible. L'utilisateur choisira le type de structure à protéger dans la liste proposée	$L_o$
Pour le type de pertes L4 (pertes économiques), il n'existe pas d'investigation des impacts économiques des mesures de protection dans le logiciel simplifié. Ainsi; l'utilisateur choisira un risque tolérable de pertes économiques	

Tableau J.3 – Paramètres fixés (non modifiables par l'utilisateur)

Paramètre	Symbol	Valeur fixée
Longueur des services	$L_c$	1 000 m
Dans le cas de services aériens: hauteur	$H_c$	6 m
Les bâtiments adjacents ne sont pas pris en compte	$N_{DA}$	0 m <sup>2</sup>
L'efficacité des écrans des zones internes dans la structure n'est pas prise en compte	$K_{S2}$	1
Tension de tenue aux chocs des matériels internes connectés à ce service (1,5 kV)	$K_{S4}$	1
Probabilité de choc pour des êtres vivants	$P_A$	1
Type de sol ou de plancher	$r_a$	$10^{-2}$
Pour une perte de type L1, perte de vie humaine, le facteur de perte pour les tensions de pas et de contact jusqu'à une distance de 3 m à l'extérieur de la structure à protéger	$L_t$	0,01

NOTE Des informations complémentaires sur les paramètres peuvent être directement trouvées dans le logiciel simplifié CEI de calcul du risque (faire dérouler le menu avec la souris).

### J.3 Exemple de copies d'écran

Des exemples de copies d'écran décrits à l'Article H.1(maison rurale) sont donnés à la Figure J.1 (pas de mesures de protection prévues) et à la Figure J.2 (mesures de protection prévues selon la description de l'Article H.1, par exemple SPF de Type IV et parafoudre à l'entrée des services).

Fichier : Options_Liaison_node		L'apport des services conducteurs		L'apport des services éoliens		L'apport des services domestiques		L'apport des services culturels		L'apport des services économiques		L'apport des services sociaux		L'apport de la vie humaine			
Longueur de la structure (m)	15	Ligne de puissance	Enterré	Risque spécifique pour la vie	Pas de risque spécifique	Catégorie 1 Perte de vie humaine	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte économique	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu		
Largeur de la structure (m)	20	Type de service connecté:	Type de câble extérieur	Perte de vie due au feu	Épital hôtel	Perte de vie humaine	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu		
Hauteur du plan du toit (m)*	6	Présence d'un transformateur	Pas de transfert	Perte de service due au feu	Épital hôtel	Perte de vie humaine	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu		
Hauteur des protections du rail (m)*	6	Autres services éoliens:															
* Mesure à 6 m au delà du sol.		Nombre de services conducteurs:	Sans écran	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu		
Autre écurieuse (m2)	250 m <sup>2</sup>	Type de câble extérieur:	Sans écran	Risque spécifique	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu		
Attribut de la structure:		Autres services souterrains:	Sans écran	Risque spécifique	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu	Perte de service due au feu		
Risque de feu du dommage	Faible	Nombre de services conducteurs:	10	Risque économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique		
Efficacité du blindage de la ligne	Faible	Type de câble intérieur:	Sans écran	Niveau de protection contre le feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu	Perte économique due au feu		
Type de câble intérieur:	Sans écran	Autres services souterrains:	Sans écran	Coefficient d'ensoleillement	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique	Perte économique		
Influencez environnementale:		Position par rapport au voisinage:	Isolé	Niveau de protection contre les surintensions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions	Perte de précautions		
Densité de lignes	Rural	Type de SFF:		Proportionnalité	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures	Perte de mesures		
Niveau kénauique	40 descriptifs	Niveau de protection contre les surintensions:		Prévention contre les surintensions:	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection	Pas de protection		
Densité de couplage	1 à 10 km/km <sup>2</sup>	Voir le Carte	Voir le Carte	Risque calculé:	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)	Risque minéralien (RM)		
Voir le carte des niveaux				Risque minéralien (RM)	1.00E-05	1.04E-06	1.46E-05	1.87E-05	2.31E-05	2.75E-05	3.20E-05	3.65E-05	4.10E-05	4.55E-05	5.00E-05		
Risque calculé:		Perte de vie humaine:	1.00E-05	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03
Perte de vie humaine:	1.00E-05	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte de service essentielle:	1.00E-03
Perte de service essentielle:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03
Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03	Perte économique:	1.00E-03

Figure J.1 – Exemple pour une maison rurale ( voir Article H.1 – sans mesures de protection )

IEC 2009/05

Fiche Options Libane Aide		Désignation de la structure:		Lignes très sensibles conducteurs		Lignes de puissance		Catégorie de perte	
La:longueur de la structure (m)	15	Type de service connecté	Enseigne	Risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique	Type de câble extérieur	Hôpital, hôtel	Perte de vie due au feu	Catégorie 1 - Perte de vie humaine
Longueur de la structure (m)	20	Type de câble extérieur	Avec étrenne	Risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique	Présence d'un transformateur	Pas de transf.	Perte de vie due	Catégorie 1 - Perte de vie humaine
Hauteur du plan du toit (m)*	6	Présence d'un transformateur	Pas de transf.	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Autres aériennes séries	Pas de système critique	Perte de vie due	Catégorie 2 - Perte de寿命 essentielle
Hauteur des protubérances du toit (m)*	6	Autres aériennes séries	Pas de transf.	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Nombre de services conducteurs:	Pas de service	Perte de service	Catégorie 2 - Perte de寿命 essentielle
* Mesure à partir du sol	2,653 m	Nombre de services conducteurs:	Sans étrenne	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Type de câble extérieur:	Pas de service	Perte de service (intensions)	Catégorie 3 - Perte d'héritage culturel
Autres équipements (m):		Type de câble extérieur:	Sans étrenne	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Autres services souterrains:	Pas de service	Perte de valeur culturelle	Catégorie 4 - Perte économique
Risque de feu ou démontage	Faible	Autres services souterrains:	Sans étrenne	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Nombre de services conducteurs:	Pas de service	Perte d'héritage culturel due au feu	Risque économique
Efficacité du blindage de la ligne	Faible	Nombre de services conducteurs:	Sans étrenne	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Type de câble extérieur:	Pas de service	Perte économique due au feu	Risque économique
Type de câblage interne:	Sans étrenne	Type de câble extérieur:	Sans étrenne	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Niveau de protection contre le feu:	Pas de mesures	Perte économique	Risque à l'interieur
Influences environnementales:		Niveau de protection contre le feu:	Niveau IV	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Protection contre les surtensions:	Pas de mesures	Perte tolérable économique	Risque tolérable économique
Position par rapport au véhicule:	Route	Protection contre les surtensions:	Pas de mesures	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Risque calculé:		Le but de cette fiche est de décrire les conditions de fonctionnement et les performances d'une structure qui peuvent être utilisées pour déterminer la nature du risque associé. Il existe trois types de facteurs qui peuvent contribuer à une sécurité plus élevée:	
Densité de lignes:	Rural	Risque calculé:		Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Risque initial (Ri)	Risque final (Rf)	Le risque initial (Ri) est déterminé par la nature du risque associé. Il existe trois types possibles de facteurs qui peuvent contribuer à une sécurité plus élevée:	
Niveau de caténaire:	40 days/year	Risque initial (Ri)		Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Partie de service essentielle:	1.00E-05	Le risque final (Rf) est déterminé par la nature du risque associé. Il existe trois types possibles de facteurs qui peuvent contribuer à une sécurité plus élevée:	
Éléments de fréquentation:	4,0 Passagers/km	Partie de service essentielle:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Le risque final (Rf) est déterminé par la nature du risque associé. Il existe trois types possibles de facteurs qui peuvent contribuer à une sécurité plus élevée:	
Voir la carte des niveaux:	Voir la carte	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Partie économique:	1.00E-03	Le risque final (Rf) est déterminé par la nature du risque associé. Il existe trois types possibles de facteurs qui peuvent contribuer à une sécurité plus élevée:	
Risque calculé:		Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Risque initial (Ri)	Risque final (Rf)	Perte de risque spécifique pour la vie	
Partie de service essentielle:		Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Partie de service essentielle:	1.00E-05	Perte de risque spécifique pour la vie	
Perte d'héritage culturel:		Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	
Partie économique:		Perte d'héritage culturel:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	Perte de risque spécifique pour la vie	Partie économique:	1.00E-03	Perte de risque spécifique pour la vie	
Fiches réglementaires:									
Téléphone UN : 010 - Mar. FRENCH : 112892005									
IEC : 2004/05									

Figure J.2 – Exemple pour une maison rurale ( voir Article H.1 – avec mesures de protection )

Annexe ZA  
(normative)

Références normatives à d'autres publications internationales  
avec les publications européennes correspondantes

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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).

NOTE Dans le cas où une publication internationale est modifiée par des modifications communes, indiqué par (mod), l'EN / le HD correspondant(e) s'applique.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
CEI 60079-10	2002	Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses Partie 10: Classement des emplacements dangereux	EN 60079-10	2003
CEI 61241-10	2004	Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles Partie 10: Classification des emplacements où des poussières combustibles sont ou peuvent être présentes	EN 61241-10	2004
CEI 62305-1	<sup>-1)</sup>	Protection contre la foudre Partie 1: Principes généraux	EN 62305-1	2006 <sup>2)</sup>
CEI 62305-3 (mod)	<sup>-1)</sup>	Protection contre la foudre Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains	EN 62305-3	2000 <sup>2)</sup>
CEI 62305-4	<sup>-1)</sup>	Protection contre la foudre Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures	EN 62305-4	2006 <sup>2)</sup>
CEI 62305-5	<sup>-3)</sup>	Protection against lightning Part 5: Services	-	-
ITU-T Recommandation K.46	2000	Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions induites par la foudre	-	-
ITU-T Recommandation K.47	2000	Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques contre les décharges directes de foudre	-	-

1) Référence non datée.

2) Edition valide à ce jour.

3) A publier.

## Bibliographie

- [1] CEI 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*
  - [2] CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*
  - [3] CEI 61643-1:1998, *Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension – Partie 1: Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essai*
  - [4] UIT-T Recommandation K.20:2003, *Tenue aux surtensions et aux surintensités des matériels de communication installés dans les centres de communication*
-

Correspondance entre les documents internationaux cités en référence  
et les documents CENELEC et/ou français à appliquer

Document international cité en référence	Document correspondant	
	CENELEC (EN ou HD)	français (NF ou UTE)
CEI 60079-10 (2002)	EN 60079-10 (2003)	NF EN 60079-10 (2003) (C 23-579-10)
CEI 61241-10 (2004)	EN 61241-10 (2004)	NF EN 61241-10 (2004) (C 23-241-10)
CEI 62305-1 <sup>1</sup>	EN 62305-1 (2006) <sup>2</sup>	NF EN 62305-1 (2006) (C 17-100-1)
CEI 62305-3 (mod) <sup>1</sup>	EN 62305-3 (2006) <sup>2</sup>	NF EN 62305-3 (2006) (C 17-100-3)
CEI 62305-4 <sup>1</sup>	EN 62305-4 (2006) <sup>2</sup>	NF EN 62305-4 (2006) (C 17-100-4)
CEI 62305-5 <sup>3</sup>	-	-
UIT-T Recommandation K.46 (2000)	-	-
UIT-T Recommandation K.47 (2000)	-	-

*Note : Les documents de la classe C sont en vente à l'Union Technique de l'Électricité – Tour Chantecoq – 5, rue Chantecoq – 92808 Puteaux cedex – Tél. : + 33 (0) 1 49 07 62 00 ainsi qu'au service diffusion de l'Association française de normalisation – 11, avenue Francis de Pressensé – 93571 Saint-Denis La Plaine Cedex – Tél. : + 33 (0) 1 41 62 80 00.*

*Les documents CEI sont en vente à l'UTE.*

*Les document UIT-T sont en vente à l'UIT.*

<sup>1</sup> Référence non datée.

<sup>2</sup> Edition valide à la date de publication.

<sup>3</sup> En préparation.