



**Avant-projet de norme soumis à enquête probatoire jusqu'au :  
10 décembre 2009**

prNF EN 62305-3

indice de classement : C 17-100-3

**T1**

**T2 Protection contre la foudre**

**T3 Partie 3 : dommages physiques sur les structures et risques humains**

E : Protection against lightning - Part 3 : physical damages to structures and life hazard

D :

Avant-projet de norme française homologuée

Est destiné à remplacer la norme homologuée NF EN 62305-3, de décembre 2006 et son amendement A11, d'avril 2009.

---

Correspondance

---

Analyse

---

Modifications

**CEI 62305-3, Ed.2 : Protection contre la foudre -**

**Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains**

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	6
1 Domaine d'application .....	7
2 Références normatives .....	7
3 Termes et définitions .....	8
4 Système de protection contre la foudre (SPF) .....	11
4.1 Classe de SPF .....	11
4.2 Conception du SPF .....	12
4.3 Continuité des armatures d'acier dans des structures en béton armé .....	12
5 Installation extérieure de système de protection contre la foudre .....	13
5.1 Généralités .....	13
5.2 Dispositifs de capture .....	13
5.3 Conducteurs de descente .....	17
5.4 Réseau de prises de terre .....	19
5.5 Composants .....	22
5.6 Matériaux et dimensions .....	23
6. Installation intérieure de système de protection contre la foudre .....	25
6.1 Généralités .....	25
6.2 Liaison équipotentielle de foudre .....	25
6.3 Isolation électrique d'un SPF extérieur .....	28
7. Maintenance et inspection d'un SPF .....	30
7.1 Application des inspections .....	30
7.2 Ordre des inspections .....	30
7.3 Maintenance .....	30
8. Mesures de protection contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas .....	30
8.1 Mesures de protection contre les tensions de contact .....	30
8.2 Mesures de protection contre les tensions de pas .....	31
Annexe A (normative) Emplacement du dispositif de capture .....	32
Annexe B (normative) Section minimale de l'écran d'un câble entrant pour éviter des étincelles dangereuses .....	38
Annexe C (informative) Evaluation de la distance de séparation $s$ .....	39
Annexe D (normative) Informations complémentaires concernant les SPF dans le cas de structures avec risque d'explosion .....	45
Tableau 1 – Relation entre les niveaux de protection contre la foudre (NPF) et la classe de SPF (voir CEI 62305-1) .....	11
Tableau 2 – Valeurs maximales du rayon de la sphère fictive, de la taille des mailles et de l'angle de protection correspondant à la classe de SPF .....	14
Tableau 3 - Epaisseur minimale des tôles ou canalisations métalliques des dispositifs de capture .....	16

Tableau 4 – Valeurs typiques de la distance entre les conducteurs de descente selon la classe de SPF .....	17
Tableau 5 – Matériaux des SPF et conditions d'utilisation .....	22
Tableau 6 - Matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges, des électrodes de terre guidées et des conducteurs de descente <sup>1)</sup> .....	23
Tableau 7 - Matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre <sup>1), 5)</sup> ....	24
Tableau 8 - Dimensions minimales des conducteurs de connexion de différentes barres d'équipotentialité ou de connexion de ces mêmes barres au réseau de prises de terre .....	26
Tableau 9 – Dimensions minimales des conducteurs de connexion des installations métalliques internes à la barre d'équipotentialité .....	26
Tableau 10 – Isolation d'un SPF extérieur – Valeurs du coefficient $k_l$ .....	28
Tableau 11 – Isolation d'un SPF extérieur – Valeurs du coefficient $k_m$ .....	29
Tableau 12 – Isolation d'un SPF extérieur – Valeurs approchées du coefficient $k_c$ .....	29
Tableau B.1 – Longueur de câble à prendre en considération selon l'état de l'écran .....	38
Figure 1 - Boucle d'un conducteur de descente .....	18
Figure 2 – Longueur minimale $l_1$ de chaque électrode de terre selon la classe de SPF .....	20
Figure A.1 - Volume protégé par une tige de capture verticale .....	32
Figure A.2 - Volume protégé par une tige de capture verticale .....	33
Figure A.3 - Volume protégé par un réseau de fils tendus .....	33
Figure A.4 - Volume protégé par des conducteurs isolés combinés dans une maille selon la méthode de l'angle de protection et la méthode de la sphère fictive .....	34
Figure A.5 - Volume protégé par des conducteurs non isolés combinés dans une maille selon la méthode des mailles et la méthode de l'angle de protection .....	35
Figure A.6 - Conception du dispositif de capture selon la méthode de la sphère fictive .....	36
Figure C.1 - Valeurs du coefficient $k_c$ dans le cas d'un réseau de fils tendus .....	39
Figure C.2 – Valeurs du coefficient $k_c$ dans le cas d'un réseau à plusieurs conducteurs de descente .....	40
Figure C.3 - Valeurs du coefficient $k_c$ dans le cas d'une toiture en pente avec un dispositif de capture sur l'arête .....	42
Figure C.4 - Exemples de calcul de la distance de séparation dans le cas de conducteurs de descente multiples, avec ceinturage des conducteurs de descente à chaque niveau .....	43
Figure C.5 - Valeurs du coefficient $k_c$ dans le cas d'un réseau de capture maillé et d'un réseau de conducteurs de descente multiples (à améliorer si possible) .....	44

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## PROTECTION CONTRE LA Foudre –

### Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62305-3 a été établie par le comité d'études 81 de la CEI : Protection contre la foudre.

Le texte de cette deuxième édition de la CEI 62305-3 est élaboré à partir de la CEI 62305-3, première édition (2006) et la remplace.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants :

FDIS	Rapport de vote
81/xxx/FDIS	81/xxx/RVD

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

Cette publication a été rédigée, aussi fidèlement que possible, selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 62305 comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Protection contre la foudre* :

Partie 1 : Principes généraux

Partie 2 : Evaluation des risques

Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains

Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Aux Etats-Unis, sur la base des exigences de la NFPA 780 : Norme pour l'installation de systèmes de protection contre la foudre, édition 2008 et sur l'expérience pratique de l'utilisation d'électrodes de terre horizontales, une longueur minimale double de celle d'électrodes verticales n'est pas exigée.

En France, au Portugal et en Espagne :

- les composants naturels ne peuvent se substituer aux composants de protection contre la foudre, mais peuvent être utilisés pour compléter ou améliorer le SPF ;
- il convient que les diamètres pleins en aluminium passent de 8 mm à 10 mm ;
- des conducteurs en brins ne peuvent pas être utilisés comme conducteurs de descente ;
- Il convient que le diamètre des conducteurs pleins passe de 16 mm à 18 mm ;
- Il convient que l'épaisseur des bandes en acier galvanisé à chaud passe de 2 mm à 3,5 mm.

## INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 62305 traite de la protection, à l'intérieur et autour d'une structure, contre les dommages physiques et contre les blessures d'êtres vivants dus aux tensions de contact et de pas.

La mesure de protection essentielle et la plus fiable pour la protection des structures contre les dommages physiques est considérée être le système de protection contre la foudre (SPF). Ce dernier comprend généralement un système de protection extérieure et un système de protection intérieure contre la foudre.

Un système de protection extérieure contre la foudre est destiné à :

- a) intercepter un coup de foudre sur la structure (par un dispositif de capture) ;
- b) écouler de manière sûre le courant de foudre vers la terre (par un conducteur de descente) ;
- c) disperser le courant de foudre dans la terre (par un réseau de prises de terre).

Un système de protection intérieure contre la foudre permet de prévenir les étincelles dangereuses dans la structure en utilisant une liaison équipotentielle ou une distance de séparation (et de ce fait une isolation électrique) entre les composants du système de protection extérieure (tel que défini en 3.2) et les autres parties conductrices internes de la structure.

Les mesures de protection essentielles contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas sont destinées à :

- 1) réduire les courants dangereux s'écoulant dans le corps humain par isolation des masses et/ou en augmentant la résistivité de surface du sol ;
- 2) réduire l'apparition de tensions de contact et de pas dangereuses par des restrictions physiques et/ou par des pancartes d'avertissement.

Il convient d'étudier avec soin le type et l'emplacement du système de protection contre la foudre dès le stade de la conception d'une nouvelle structure, afin de pouvoir ainsi tirer un parti maximal des parties conductrices de la structure. Cela facilite ainsi l'étude et la réalisation d'une installation intégrée, et permet par ailleurs d'en améliorer l'aspect esthétique global et d'accroître l'efficacité du système de protection contre la foudre à un coût et un travail de réalisation minimum.

L'accès à la terre et l'utilisation appropriée des armatures de la fouille pour la réalisation d'une prise de terre appropriée risquent de ne plus être possibles après le début des travaux de construction sur un site. Par conséquent, il convient que la résistivité et la nature du sol soient prises en compte dès le stade initial d'un projet. Ces informations sont essentielles pour l'étude d'un réseau de prises de terre, et peuvent influencer les travaux de conception des fondations de la structure.

Il est primordial que les concepteurs et les installateurs d'un système de protection contre la foudre, ainsi que les architectes et les entrepreneurs se consultent régulièrement afin d'obtenir les meilleurs résultats au moindre coût.

Si une protection contre la foudre doit être installée sur une structure existante, il convient de veiller à s'assurer que celle-ci est conforme aux principes de la présente norme. Il convient que la conception pour le type et l'emplacement d'un système de protection contre la foudre prennent en compte les caractéristiques de la structure existante.

## PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

### Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62305 spécifie les exigences pour la protection d'une structure contre les dommages physiques par un système de protection contre la foudre (SPF) et pour la protection contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas à proximité d'un SPF (voir la CEI 62305-1).

La présente norme est applicable :

- a) à la conception, l'installation, l'inspection et la maintenance d'un SPF des structures, sans limitation de leur hauteur ;
- b) à la mise en œuvre de mesures pour la protection contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas.

NOTE 1 Les exigences particulières pour un SPF de structures dangereuses pour leur environnement du fait d'un risque d'explosion sont à l'étude. Des informations supplémentaires sont fournies dans l'Annexe D pour une utilisation intermédiaire.

NOTE 2 La présente partie de la CEI 62305 n'est pas destinée à la protection contre les défaillances dans des réseaux de puissance et de communication dues à des surtensions. Des exigences particulières à ce type de cas sont fournies dans la CEI 62305-4.

NOTE 3 Des exigences particulières relatives à la protection contre la foudre des éoliennes sont mentionnées dans le document CEI TR 61400-24 : 2002, systèmes aérogénérateurs – Partie 24 : Foudre

#### 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 60079-14:2002, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 14 : Installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines)*

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 61241-14:2004, *Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 14 : Sélection et installation*

CEI 61643-12:2002, *Parafoudres basse tension – Partie 12 : Parafoudres connectés aux réseaux de distribution à basse tension – Principes de choix et d'application*

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

CEI 62305-2, *Protection contre la foudre – Partie 2 : Evaluation des risques*

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



CEI 62561-1<sup>1</sup>, *Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) – Partie 1 : Exigences pour les composants de connexion*

CEI 62561-2<sup>1</sup>, *Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) – Partie 2 : Exigences pour les conducteurs et les piquets de terre*

CEI 62561-3<sup>1</sup>, *Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) – Partie 3 : Exigences pour les éclateurs.*

CEI TR 61400-24 :2002, *Systèmes aérogénérateurs – Partie 24 : Protection contre la foudre*

CEI 61400-1 : 2005, *Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception*

ISO 3864-1, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 1 : Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

EN TR 50469 :2005, *Système de protection contre la foudre - Symboles*

EN 13501 :2007, *Classement au feu des produits et éléments de construction*

### **3 Termes et définitions**

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

#### **3.1**

##### **système de protection contre la foudre**

##### **SPF**

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

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

#### **3.2**

##### **installation extérieure du système de protection contre la foudre**

partie du SPF comprenant un dispositif de capture, des conducteurs de descente et une prise de terre

#### **3.3**

##### **installation extérieure du système de protection contre la foudre isolée de la structure à protéger**

système de protection contre la foudre dont le dispositif de capture et le conducteur de descente sont placés de manière que le trajet du courant de foudre n'ait aucun contact avec la structure à protéger

NOTE Dans un SPF isolé, des étincelles dangereuses entre le SPF et la structure sont évitées.

#### **3.4**

##### **installation extérieure du système de protection contre la foudre non isolée de la structure à protéger**

système de protection contre la foudre dont le dispositif de capture et le conducteur de descente sont placés de manière que le trajet du courant de foudre puisse être en contact avec la structure à protéger

#### **3.5**

##### **Installation intérieure du système de protection contre la foudre**

partie du SPF comprenant les liaisons équipotentielles de foudre et/ou l'isolation électrique d'un SPF extérieur

---

<sup>1</sup> En préparation

### 3.6

#### **dispositif de capture**

partie de l'installation extérieure de SPF utilisant des éléments métalliques tels que tiges, mailles ou fils tendus destinés à intercepter la foudre

### 3.7

#### **conducteur de descente**

partie de l'installation extérieure de SPF destinée à conduire le courant de foudre du dispositif de capture à la prise de terre

### 3.8

#### **conducteur de ceinturage (ceinturage d'équipotentialité)**

conducteur constituant une boucle autour de la structure et réalisant les interconnexions des conducteurs de descente pour la répartition du courant de foudre

### 3.9

#### **prise de terre**

partie de l'installation extérieure de SPF destinée à conduire et à dissiper le courant de foudre à la terre

### 3.10

#### **électrode de terre**

élément ou ensemble d'éléments de la prise de terre assurant un contact électrique direct avec la terre et dissipant le courant de foudre dans cette dernière

### 3.11

#### **prise de terre en boucle**

électrode de terre formant une boucle fermée autour de la structure, au-dessous ou sur la surface du sol

### 3.12

#### **prise de terre à fond de fouille**

partie conductrice incorporée dans le sol sous les fondations d'un bâtiment ou, de préférence dans le béton des fondations d'un bâtiment, généralement en forme de boucle

[VEI 826-13-08]

### 3.13

#### **résistance conventionnelle de terre**

rapport entre les valeurs crête de la tension et du courant dans la prise de terre qui, en général, ne se produisent pas en même temps

### 3.14

#### **potentiel de la prise de terre**

différence de potentiel entre la prise de terre et la terre lointaine

### 3.15

#### **composant naturel du SPF**

composant conducteur non installé spécifiquement pour la protection contre la foudre, mais pouvant être utilisé en complément à la mise en œuvre du SPF ou pouvant dans certains cas remplir la fonction d'une ou de plusieurs parties du SPF

NOTE Des exemples d'utilisation de ce terme incluent :

- des capteurs naturels ;
- des descentes naturelles ;
- des électrodes de terre naturelles.

### 3.16

#### **composant de connexion**

partie d'un SPF utilisée pour l'interconnexion des conducteurs ou pour la connexion aux installations métalliques

NOTE Ceci comprend également les composants de pont et les pièces de dilatation.

### **3.17**

#### **composant de fixation**

partie d'un SPF utilisée pour la fixation des éléments du SPF à la structure à protéger

### **3.18**

#### **installations métalliques**

éléments métalliques étendus qui sont présents dans la structure à protéger, pouvant écouler une partie du courant de foudre tels que canalisations, cages d'escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées, parties de structures métalliques

### **3.19**

#### **parties conductrices extérieures**

éléments métalliques étendus pénétrant dans ou quittant la structure à protéger tels que canalisations, écrans de câbles, conduits métalliques, etc. pouvant écouler une partie du courant de foudre

### **3.20**

#### **réseau de puissance**

réseau comprenant des composants de l'alimentation de puissance basse tension et éventuellement des composants électroniques

### **3.21**

#### **réseau de communication**

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

### **3.22**

#### **réseau interne**

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

### **3.23**

#### **liaison équipotentielle de foudre**

##### **EB (liaison équipotentielle)**

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

### **3.24**

#### **barre d'équipotentialité**

barre métallique sur laquelle les installations métalliques, les parties conductrices extérieures, les lignes de puissance et de communication et d'autres câbles peuvent être reliés à un SPF

### **3.25**

#### **conducteur d'équipotentialité**

conducteur de connexion de parties conductrices séparées au SPF

### **3.26**

#### **armature d'acier interconnectée**

armature d'acier à l'intérieur d'une structure en béton, considérée comme assurant une continuité électrique

### **3.27**

#### **étincelle dangereuse**

décharge électrique engendrée par la foudre qui provoque des dommages physiques à l'intérieur de la structure à protéger

### **3.28**

#### **distance de séparation**

distance entre deux parties conductrices telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse apparaître

**3.29****parafoudre**

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

**3.30****borne d'essai**

dispositif conçu de manière à faciliter les essais et mesures électriques des composants du système de protection contre la foudre

**3.31****classe du système de protection contre la foudre**

chiffre caractérisant la classification d'un SPF conformément au niveau de protection contre la foudre pour lequel il est conçu

**3.32****concepteur de protection contre la foudre**

spécialiste compétent et qualifiée pour la conception du SPF

**3.33****installateur de protection contre la foudre**

personne compétente et qualifiée pour l'installation du SPF

**3.34****structures avec risque d'explosion**

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

**3.35****éclateur d'isolement**

composant avec distance de décharge pour isoler des parties électriquement conductrices d'installation

NOTE En cas d'impact de foudre, les parties d'installation font l'objet d'une connexion conductrice temporaire en réponse à la décharge.

**3.36****interfaces d'isolement**

dispositifs capables de réduire les chocs conduits sur les services pénétrant dans la ZPF, comprenant des transformateurs d'isolement à écran mis à la terre entre les enroulements, les câbles à fibre optique non métalliques et les opto-isolateurs

NOTE Les caractéristiques de tenue d'isolement de ces dispositifs doivent être appropriées à la présente application.

**4 Système de protection contre la foudre (SPF)****4.1 Classe de SPF**

Les caractéristiques d'un SPF sont déterminées par les caractéristiques de la structure à protéger et par le niveau de protection contre la foudre considéré.

Quatre classes de SPF (I à IV) sont définies dans la présente norme correspondant aux niveaux de protection contre la foudre définis dans la CEI 62305-1 (voir Tableau 1).

**Tableau 1 – Relation entre les niveaux de protection contre la foudre (NPF) et la classe de SPF (voir CEI 62305-1)**

NPF	Classe de SPF
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Chaque classe de SPF est caractérisée par :

- a) Les données dépendant de la classe de SPF :
  - les paramètres de la foudre (voir Tableaux 3 et 4 de la CEI 62305-1) ;
  - le rayon de la sphère fictive, la taille des mailles et l'angle de protection (voir 5.2.2) ;
  - les distances typiques entre les conducteurs de descente (voir 5.3.3) ;
  - la distance de séparation pour éviter les étincelles dangereuses (voir 6.3) ;
  - la longueur minimale des électrodes de terre (voir 5.4.2).
- b) Les facteurs qui ne dépendent pas de la classe de SPF :
  - les liaisons équipotentielles de foudre (voir 6.2) ;
  - l'épaisseur minimale des tôles ou des canalisations métalliques des dispositifs de capture (voir 5.2.5) ;
  - les matériaux et les conditions d'utilisation des SPF (voir 5.5) ;
  - les matériaux, configurations et dimensions minimales des dispositifs de capture, des conducteurs de descente et des prises de terre (voir 5.6) ;
  - les dimensions minimales des conducteurs de connexion (voir 6.2.2).

Les performances de chaque classe de SPF sont données dans l'Annexe B de la CEI 62305-2.

La classe du SPF prescrit doit être choisie selon la méthode d'évaluation des risques (voir la CEI 62305-2).

## 4.2 Conception du SPF

Une conception optimale technique et économique d'un système de protection contre la foudre n'est possible que si les stades de sa conception et de sa construction sont corrélés avec ceux de la conception et de la construction de la structure à protéger. En particulier, il convient que la conception de la structure proprement dite utilise les parties métalliques de cette dernière comme parties du système de protection contre la foudre.

La conception de la classe de SPF et son emplacement pour des structures existantes doivent prendre en compte les contraintes de la situation présente.

La documentation de conception du SPF doit comprendre toutes les informations nécessaires pour assurer une installation complète et correcte. Pour des informations détaillées, voir l'Annexe E.

Il convient que la conception et l'installation du SPF soient réalisées par des concepteurs et des installateurs de SPF parfaitement formés et spécialisés (voir Annexe E, Article E. 4.2)

## 4.3 Continuité des armatures d'acier dans des structures en béton armé

Les armatures d'acier de structures en béton armé sont considérées comme électriquement continues à condition que la majorité des barres verticales et horizontales d'interconnexion soient soudées ou liées de manière sûre. Les connexions des barres verticales doivent être soudées, fixées ou superposées avec un chevauchement minimal de 20 fois leurs diamètres, ou liées ou connectées de manière sûre (voir Figure E.5). Pour les structures nouvelles, les connexions entre les armatures doivent être spécifiées par le concepteur ou l'installateur en coopération avec le constructeur et l'ingénieur du génie civil.

Pour les structures utilisant du béton armé ferrailé (y compris les structures en béton armé préfabriqué et précontraint), la continuité électrique des barres d'armature doit être déterminée par mesure électrique entre la partie haute et la terre. Il convient que la valeur de la résistance électrique totale ne soit pas supérieure à  $0,2 \Omega$ , valeur mesurée à l'aide d'un appareil d'essai approprié à cette fin. Si cette valeur n'est pas obtenue, ou si la pratique ne permet pas d'effectuer ces essais, l'armature d'acier ne doit pas être utilisée comme conducteur de descente naturel, comme spécifié en 5.3.5. Dans ce cas, il est recommandé d'installer un conducteur de descente extérieur. Dans le cas de structures en béton armé préfabriqué, la continuité électrique de l'armature d'acier doit être réalisée entre chaque structure en béton préfabriqué adjacente.

NOTE 1 Pour des informations complémentaires relatives à la continuité des armatures d'acier de structures en béton armé, voir l'Annexe E.

NOTE 2 Dans plusieurs pays, l'utilisation du béton armé comme partie du SPF n'est pas admise.

NOTE 3 Les fixations nécessaires à la réalisation de la continuité des armatures d'acier en béton armé doivent être conformes à la CEI 62561-1.

## **5 Installation extérieure de système de protection contre la foudre**

### **5.1 Généralités**

#### **5.1.1 Application d'une installation extérieure de système de protection contre la foudre**

L'installation extérieure de système de protection contre la foudre est destinée à intercepter les coups de foudre directs sur la structure, y compris les coups de foudre latéraux, et à conduire le courant de foudre entre le point d'impact et la terre. Elle est également destinée à disperser ce courant dans la terre sans provoquer de dommages thermiques ou mécaniques, ni d'étincelles dangereuses pouvant entraîner des incendies ou des explosions.

#### **5.1.2 Choix de l'installation extérieure de système de protection contre la foudre**

Dans la plupart des cas, l'installation extérieure de système de protection contre la foudre peut être fixée sur la structure à protéger.

Il convient de considérer l'utilisation d'une installation extérieure de système de protection contre la foudre isolée lorsque les effets thermiques et explosifs au point d'impact, ou sur les conducteurs écoulant le courant de foudre, peuvent entraîner des dommages sur la structure ou son contenu (voir Annexe E). Des exemples typiques incluent des structures avec un revêtement combustible, des structures avec des parois combustibles et des zones à risque d'explosion et d'incendie.

NOTE L'utilisation d'une installation extérieure de système de protection contre la foudre isolée peut être appropriée dans le cas de modifications prévues de la structure, de son contenu ou de son utilisation nécessitant des modifications du SPF.

Une installation extérieure de système de protection contre la foudre isolée peut également être considérée lorsque la sensibilité du contenu garantit la réduction du champ électromagnétique rayonné associé au courant de foudre s'écoulant dans le conducteur de descente.

#### **5.1.3 Utilisation des composants naturels**

Les composants naturels en matériaux conducteurs qui resteront toujours dans ou sur la structure et qui ne seront pas modifiés (par exemple, armatures d'acier interconnectées, structures métalliques, etc.) peuvent être utilisés comme parties d'un SPF.

Il convient de considérer les autres composants naturels comme compléments à un SPF.

NOTE Pour des informations complémentaires, voir l'Annexe E.

### **5.2 Dispositifs de capture**

#### **5.2.1 Généralités**

La probabilité de pénétration d'un courant de foudre dans la structure est considérablement réduite par la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu.

Les dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison quelconque des composants suivants :

- a) tiges simples (y compris les mâts séparés) ;
- b) fils tendus ;
- c) conducteurs maillés.

Pour se conformer à la présente norme, tous les types de dispositifs de capture doivent être positionnés conformément à 5.2.2, 5.2.3 et à l'Annexe A. Tous les types de dispositifs de capture doivent satisfaire entièrement à la présente norme.

Pour tous les types de dispositifs de capture, seules les dimensions physiques réelles des dispositifs de capture métalliques doivent être utilisées pour la détermination du volume protégé.

Il convient de connecter les tiges individuelles de capture au niveau du toit afin d'assurer le partage du courant.

Les dispositifs de capture radioactifs ne sont pas admis.

5.2.2 Emplacement

Les composants des dispositifs de capture installés sur une structure doivent être situés aux coins, aux points exposés et sur les arêtes (particulièrement aux points hauts de toutes façades) conformément à l’une ou à plusieurs des méthodes suivantes.

Des méthodes acceptables de détermination de l’emplacement du dispositif de capture incluent :

- la méthode de l'angle de protection ;
- la méthode de la sphère fictive ;
- la méthode des mailles.

La méthode de la sphère fictive est appropriée dans tous les cas.

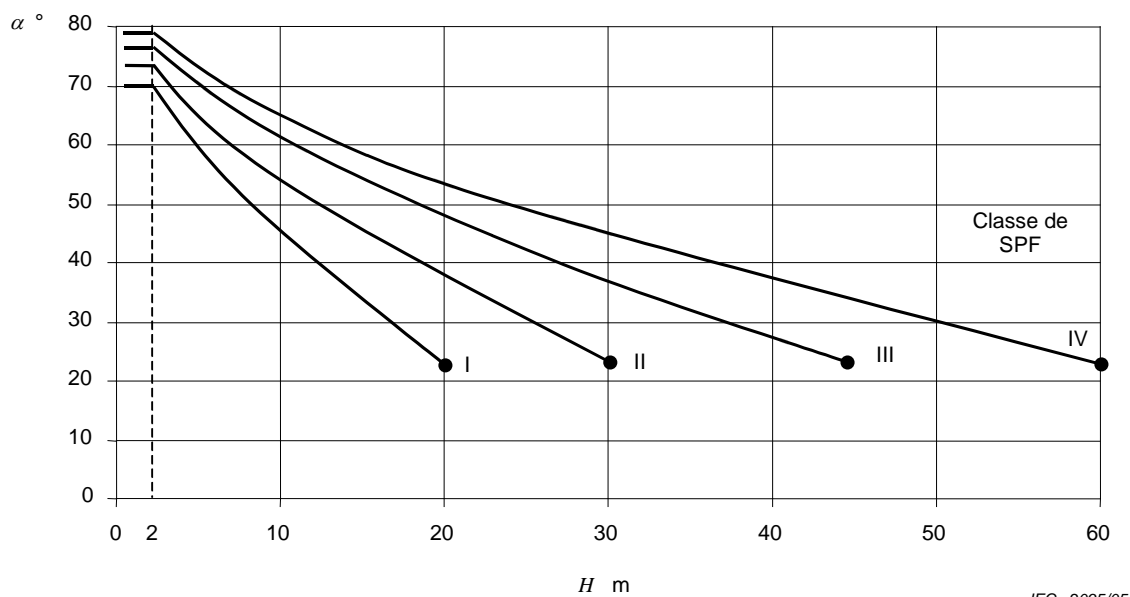
La méthode de l'angle de protection est appropriée pour les bâtiments à forme simple, mais elle est soumise aux limites de hauteur de dispositifs de capture indiquées dans le Tableau 2.

Lorsque des surfaces planes doivent être protégées, la méthode des mailles constitue une forme appropriée de protection.

Les valeurs de l'angle de protection, du rayon de la sphère fictive et des dimensions des mailles pour chaque classe de SPF sont données dans le Tableau 2. Des informations détaillées pour l’emplacement du dispositif de capture sont données à l’Annexe A.

Tableau 2 – Valeurs maximales du rayon de la sphère fictive, de la taille des mailles et de l’angle de protection correspondant à la classe de SPF

Classe de SPF	Méthode de protection		
	Rayon de sphère fictive <i>r</i> m	Taille de maille <i>w</i> m	Angle de protection <i>α</i> °
I	20	5 × 5	Voir figure ci-dessous
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



NOTE 1 Non applicable au-delà des valeurs marquées •.

Seules les méthodes de la sphère fictive et des mailles sont applicables dans ces cas.

NOTE 2  $H$  est la hauteur du dispositif de capture au-dessus du plan de référence de la zone à protéger.

NOTE 3 L'angle ne changera pas pour des valeurs de  $H$  inférieures à 2 m.

### **5.2.3 Dispositifs de capture contre les coups de foudre latéraux sur les structures hautes**

#### **5.2.3.1 Structures de hauteur inférieure à 60 mètres**

La recherche indique que la probabilité de coups de foudre de faible amplitude frappant le côté vertical d'une structure d'une hauteur inférieure à 60 mètres est suffisamment faible pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en tenir compte. Les toitures et les saillies horizontales doivent être protégées conformément à la classe de SPF déterminée par les calculs de risque définis dans la CEI 62305-2.

#### **5.2.3.2 Structures de hauteur égale ou supérieure à 60 mètres**

Pour des structures de hauteur supérieure à 60 m, des éclairs peuvent frapper la partie latérale, notamment les points exposés, les coins et les arêtes des surfaces.

NOTE Le risque lié à ces éclairs est généralement faible, en raison du faible pourcentage de coups de foudre latéraux sur l'ensemble des impacts sur des structures élevées, les paramètres des coups de foudre étant beaucoup plus faibles que ceux des éclairs frappant le sommet des structures. Toutefois, les matériels électriques et électroniques installés sur les parois à l'extérieur des structures peuvent être détruits même avec des coups de foudre ayant de faibles valeurs crête de courant.

Un dispositif de capture doit être installé pour la protection de la partie supérieure de structures élevées (c'est-à-dire typiquement pour les 20 % supérieurs de la hauteur de la structure lorsque cette partie a une hauteur supérieure à 60 mètres) et des matériels installés en partie haute (voir Annexe A).

Les règles relatives à l'emplacement des dispositifs de capture sur les parties supérieures d'une structure doivent satisfaire au moins aux exigences applicables au NPF IV en soulignant l'importance de l'emplacement de ces dispositifs aux coins, arêtes et saillies importantes (telles que balcons, plates-formes d'observation, etc.).

L'exigence relative aux dispositifs de capture applicable à la partie latérale d'une structure élevée peut être satisfaite par la présence de matériaux métalliques extérieurs tels qu'un revêtement métallique ou des murs rideaux métalliques, à condition qu'ils satisfassent aux exigences de taille minimales données dans le Tableau 3. L'exigence relative aux dispositifs de capture peut également inclure l'utilisation de conducteurs de descente extérieurs situés sur les arêtes verticales de la structure lorsque cela n'est pas prévu par les conducteurs métalliques extérieurs naturels.

Les dispositifs de capture installés ou naturels qui satisfont à ces exigences peuvent utiliser les conducteurs de descente installés ou être connectés, par une liaison appropriée, à des conducteurs de descente naturels tels que l'armature d'acier de la structure ou la partie métallique du béton armé présentant une continuité électrique conforme aux exigences de l'Article 5.3.5.

#### **5.2.4 Mise en œuvre**

Les dispositifs de capture d'un SPF non isolé de la structure à protéger peuvent être installés comme suit :

- si la toiture est en matériau non combustible, les conducteurs de capture peuvent être installés sur la surface de la toiture ;
- si la toiture est en matériau combustible, une attention toute particulière doit être accordée à la distance entre les conducteurs de capture et le matériau. Pour des toits en chaume ne comportant aucune barre en acier pour le montage du peigne, une distance d'au moins 0,15 m est appropriée. Pour d'autres matériaux combustibles, une distance non inférieure à 0,10 m est considérée comme appropriée ;
- des parties très combustibles de la structure à protéger ne doivent pas rester en contact direct avec les composants d'une installation extérieure de système de protection contre la foudre et ne doivent pas rester directement sous une membrane métallique pouvant être percée par un coup de foudre (voir 5.2.5).

Il doit être également tenu compte des membranes moins combustibles telles que des feuillures en bois.



NOTE S'il est probable que de l'eau puisse s'accumuler sur une toiture plate, il convient d'installer les dispositifs de capture au-dessus de la hauteur d'eau maximale probable.

### 5.2.5 Composants naturels

Il convient de considérer les parties suivantes d'une structure comme dispositifs de capture naturels et comme partie intégrante d'un SPF conformément à 5.1.3.

a) Les tôles métalliques recouvrant la structure à protéger, à condition que :

- la continuité électrique entre les différentes parties soit réalisée de façon durable (par exemple, par brasage, soudage, sertissage, vissage ou boulonnage) ;
- l'épaisseur des tôles métalliques ne soit pas inférieure à la valeur  $t'$  figurant dans le Tableau 3, si la prévention de toute perforation des tôles ou la prise en compte de l'inflammation de tous matériaux facilement combustibles placés dessous ne constitue pas un facteur important ;
- l'épaisseur des tôles métalliques ne soit pas inférieure à la valeur  $t$  figurant dans le Tableau 3, si des mesures de prévention contre les perforations ou la prise en considération des problèmes de points chauds se révèlent nécessaires ;

NOTE Lorsque des problèmes de points chauds ou d'inflammation peuvent survenir, il doit être vérifié que l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger. Les problèmes de points chauds ou d'inflammation peuvent être ignorés lorsque les tôles métalliques se trouvent à l'intérieur d'une ZPF 0<sub>B</sub> ou de classe supérieure.

- elles ne soient pas revêtues de matériau isolant.

**Tableau 3 - Epaisseur minimale des tôles ou canalisations métalliques des dispositifs de capture**

Classe de SPF	Matériau	Epaisseur <sup>a</sup> $t$ mm	Epaisseur <sup>b</sup> $t'$ mm
I à IV	Plomb	–	2,0
	Acier (inoxydable, galvanisé)	4	0,5
	Titane	4	0,5
	Cuivre	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Zinc	–	0,7
<sup>a</sup> $t$ prévient toute perforation. <sup>b</sup> $t'$ uniquement pour les tôles métalliques s'il n'est pas important de prévenir les problèmes de perforation, de points chauds ou d'inflammation.			

- b) Les composants métalliques de toiture (fermes, armatures d'acier interconnectées, etc.) recouverts de matériaux non métalliques, à condition que ces derniers puissent être exclus de la structure à protéger.
- c) Les parties métalliques telles que décorations, gouttières, canalisations, rambardes, etc. dont la section n'est pas inférieure à celle qui est spécifiée pour les composants normaux de dispositifs de capture.
- d) Les canalisations et réservoirs métalliques sur la toiture, à condition que l'épaisseur et la section de leur matériau de construction soient conformes au Tableau 6.
- e) Les canalisations et réservoirs métalliques de mélanges facilement combustibles ou explosifs, à condition qu'ils soient réalisés en un matériau d'épaisseur non inférieure à la valeur appropriée de  $t$  figurant dans le Tableau 3, et que l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger (pour des informations détaillées, voir l'Annexe D).

Si les conditions d'épaisseur ne sont pas satisfaites, les canalisations et réservoirs doivent être intégrés dans la structure à protéger.

Les canalisations écoulant des mélanges facilement combustibles ou explosifs ne doivent pas être considérées comme un composant naturel des dispositifs de capture si le joint des brides n'est pas métallique ou si les brides ne sont pas connectées entre elles de façon appropriée.

NOTE Une légère couche de peinture protectrice ou environ 1 mm d'asphalte ou 0,5 mm de PVC n'est pas considérée comme une isolation. Des informations détaillées sont données en E.5.3.4.1 de l'Annexe E.

### 5.3 Conducteurs de descente

#### 5.3.1 Généralités

Pour réduire la probabilité de dommages dus à la circulation du courant de foudre dans le SPF, les conducteurs de descente doivent être disposés de manière que, entre le point d'impact et la terre :

- a) le courant suive plusieurs trajets en parallèle ;
- b) la longueur de ces trajets soit réduite au minimum ;
- c) une liaison équipotentielle entre les parties conductrices de la structure soit réalisée conformément aux exigences de 6.2.

NOTE 1 La connexion latérale des conducteurs de descente est considérée comme une bonne pratique.

La géométrie des conducteurs de descente et de ceinturage affecte la distance de séparation (voir 6.3).

NOTE 2 L'installation du plus grand nombre possible de conducteurs de descente, à intervalles égaux autour du périmètre, interconnectés par des conducteurs de ceinturage, réduit la probabilité d'étincelles dangereuses et facilite la protection des installations internes (voir la CEI 62305-4). Cette condition est satisfaite dans les structures d'armature métalliques et en béton armé pour lesquelles l'interconnexion en acier assure une continuité électrique.

Des valeurs typiques de la distance entre les conducteurs de descente sont données dans le Tableau 4.

Des informations complémentaires sur le partage du courant de foudre entre les conducteurs de descente sont données à l'Annexe C.

#### 5.3.2 Emplacement d'un SPF isolé

- a) Si le dispositif de capture est constitué de tiges sur des mâts séparés (ou un seul mât) non constituées de métal ou ne comportant pas une armature d'acier interconnectée, au moins un conducteur de descente est nécessaire pour chaque mât. Aucun conducteur de descente supplémentaire n'est nécessaire pour les mâts en métal ou comportant une armature d'acier interconnectée.

NOTE Dans plusieurs pays, l'utilisation du béton armé comme partie du SPF n'est pas admise.

- b) Si le dispositif de capture est constitué de fils tendus (ou d'un seul fil), au moins un conducteur de descente est nécessaire à chaque structure porteuse.
- c) Si le dispositif de capture constitue un réseau de conducteurs, au moins un conducteur de descente est nécessaire à chaque extrémité de fil porteur.

#### 5.3.3 Emplacement d'un SPF non isolé

Pour chaque SPF non isolé, le nombre de conducteurs de descente ne doit pas être inférieur à deux. Il convient de les répartir autour du périmètre de la structure à protéger, en fonction des contraintes architecturales et pratiques.

Des distances égales entre les conducteurs de descente autour du périmètre sont préférables. Des valeurs typiques de la distance entre les conducteurs de descente sont données dans le Tableau 4.

NOTE La valeur de la distance entre les conducteurs de descente est corrélée avec la distance de séparation donnée en 6.3.

**Tableau 4 – Valeurs typiques de la distance entre les conducteurs de descente selon la classe de SPF**

Classe de SPF	Distances typiques m
I	10
II	10

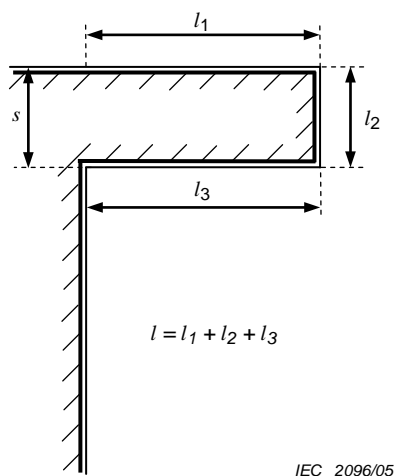
III	15
IV	20

Il convient d'installer, dans toute la mesure du possible, un conducteur de descente à chaque angle exposé de la structure.

#### 5.3.4 Mise en oeuvre

Les conducteurs de descente doivent être disposés de manière à être, dans la mesure où la pratique le permet, en continuité directe avec les conducteurs de capture.

Les conducteurs de descente doivent être installés de façon rectiligne et verticale, de manière à produire le trajet le plus court et le plus direct possible à la terre. La formation de boucles doit être évitée. Si cela s'avère impossible, la distance  $s$ , mesurée directement entre deux points du conducteur et la longueur  $l$  du conducteur entre ces deux points (voir Figure 1) doivent être conformes à 6.3.



**Figure 1 - Boucle d'un conducteur de descente**

Les conducteurs de descente, même s'ils sont recouverts de matériau isolant, ne doivent pas être installés dans les gouttières ou les tuyaux de descente.

NOTE 1 Les effets de l'humidité dans les gouttières provoquent une forte corrosion du conducteur de descente.

Il est recommandé de placer les conducteurs de descente de manière à respecter une distance de séparation conforme à 6.3 entre ceux-ci et les portes et fenêtres éventuelles.

Les conducteurs de descente d'un SPF non isolé de la structure à protéger peuvent être installés de la manière suivante :

- si le mur est réalisé en matériau non combustible, les conducteurs de descente peuvent être positionnés sur la surface ou dans le mur ;
- si le mur est réalisé en matériau facilement combustible, les conducteurs de descente peuvent être positionnés directement sur la surface du mur, à condition que leur élévation de température due à l'écoulement du courant de foudre ne soit pas dangereuse pour le matériau du mur ;
- si le mur est réalisé en matériau facilement combustible et si l'élévation de température des conducteurs de descente est dangereuse, ils doivent être placés de manière que la distance entre eux et le mur soit toujours supérieure à 0,1 m. Des crochets de fixation peuvent être en contact avec le mur.

Lorsque la distance entre un conducteur de descente et un matériau combustible ne peut être respectée, la section du conducteur ne doit pas être inférieure à 100 mm<sup>2</sup>.

### 5.3.5 Composants naturels

Il convient de considérer les éléments suivants de la structure comme des conducteurs de descente naturels :

a) les installations métalliques, à condition que :

- la continuité électrique entre les différents éléments soit réalisée de façon durable, conformément à 5.5.2,
- leurs dimensions soient au moins égales à celles qui sont spécifiées pour les conducteurs de descente normaux dans le Tableau 6.

Les canalisations transportant des mélanges facilement combustibles ou explosifs ne doivent pas être considérées comme des composants naturels de conducteur de descente si le joint entre brides n'est pas métallique ou si les brides ne sont pas connectées entre elles de façon appropriée.

NOTE 1 Les installations métalliques peuvent être revêtues de matériau isolant.

b) la partie métallique de l'armature d'acier en béton armé de la structure, présentant une continuité électrique ;

NOTE 2 Pour des éléments préfabriqués en béton armé, il est important de réaliser des points d'interconnexion entre les éléments de renforcement. Il est également essentiel que le béton armé intègre une liaison conductrice entre les points d'interconnexion. Il convient de connecter les parties individuelles « in situ » lors de l'assemblage (voir Annexe E).

NOTE 3 Dans le cas du béton précontraint, il convient de veiller au risque d'effets mécaniques inadmissibles dus au courant de foudre ou au raccordement au système de protection contre la foudre.

c) l'armature d'acier interconnectée de la structure ;

NOTE 4 Les conducteurs de ceinturage ne sont pas nécessaires si l'armature métallique des structures en acier ou si l'armature d'acier interconnectée de la structure est utilisée comme conducteurs de descente.

d) les éléments de façade, profilés et supports des façades métalliques, à condition que :

- leurs dimensions soient conformes aux exigences relatives aux conducteurs de descente (voir 5.6.2) et que l'épaisseur des tôles ou des canalisations métalliques ne soit pas inférieure à 0,5 mm,
- leur continuité électrique dans le sens vertical soit conforme aux exigences de 5.5.2.

NOTE 5 Pour des informations complémentaires, voir l'Annexe E.

### 5.3.6 Bornes d'essai

Lors de la connexion de la prise de terre, il convient d'équiper chaque conducteur de descente d'une borne d'essai à l'exception des conducteurs de descente naturels liés à des prises de terre à fond de fouille.

La borne doit pouvoir être démontée à l'aide d'un outil, à des fins de mesure. Elle doit toutefois rester fermée en utilisation normale.

## 5.4 Réseau de prises de terre

### 5.4.1 Généralités

Afin d'assurer l'écoulement du courant de foudre dans la terre (comportement à haute fréquence) tout en minimisant des surtensions potentiellement dangereuses, la forme et les dimensions du réseau de prises de terre constituent les critères importants. Généralement, une faible résistance de terre (si possible inférieure à 10  $\Omega$  lors d'une mesure à basse fréquence) est recommandée.

Du point de vue de la protection contre la foudre, un réseau de prises de terre unique et intégré à la structure est préférable et assure une protection complète (c'est-à-dire protection contre la foudre, protection des réseaux de puissance et de communication).

Les réseaux de prises de terre doivent être interconnectés conformément aux exigences de 6.2.

NOTE 1 Les conditions de séparation et de liaison d'autres réseaux de prises de terre sont habituellement déterminées par les services nationaux compétents.

NOTE 2 De sérieux problèmes de corrosion peuvent apparaître lorsque des réseaux de prises de terre constitués de matériaux différents sont connectés entre eux.

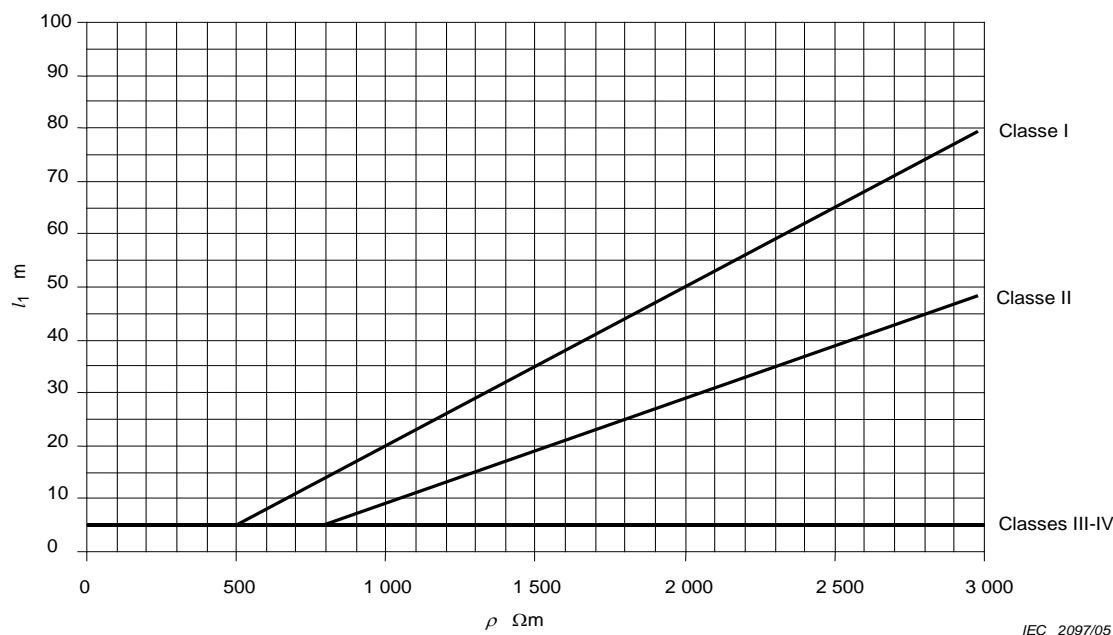
## 5.4.2 Dispositions de prise de terre dans les conditions générales

Pour les réseaux de prises de terre, deux types de base de dispositions de prise de terre s'appliquent.

### 5.4.2.1 Disposition de type A

Ce type de disposition comporte des électrodes de terre radiales ou verticales, installées à l'extérieur de la structure à protéger, connectées à chaque conducteur de descente ou à chaque prise de terre à fond de fouille ne formant pas une boucle fermée.

Pour les dispositions de type A, le nombre total d'électrodes de terre doit être au moins de deux.



NOTE Les classes III et IV sont indépendantes de la résistivité du sol.

**Figure 2 – Longueur minimale  $l_1$  de chaque électrode de terre selon la classe de SPF**

La longueur minimale de chaque électrode de terre à la base de chaque conducteur de descente est

- $l_1$  pour les électrodes radiales, ou
- $0,5 l_1$  pour les électrodes verticales (ou inclinées),

où  $l_1$  est la longueur minimale des électrodes radiales indiquée dans la partie correspondante de la Figure 2.

Pour les électrodes combinées (verticales ou radiales), la longueur totale doit être prise en compte.

Les longueurs minimales telles qu'indiquées à la Figure 2 peuvent ne pas être considérées, à condition qu'une prise de terre de résistance inférieure à  $10 \Omega$  soit réalisée (mesurée à une fréquence différente de la fréquence industrielle et de son multiple afin d'éviter des interférences).

NOTE 1 Lorsque les exigences susmentionnées ne peuvent être satisfaites, une disposition de prise de terre de type B doit être utilisée.

NOTE 2 Une réduction de la résistance de terre par l'extension des électrodes de terre peut être réalisée jusqu'à une longueur de 60 m. L'utilisation d'électrodes de terre de type B ou de composés facilitant la résistance de terre est recommandée dans les sols dont la résistivité est supérieure à  $2000 \Omega.m$ .

NOTE 3 Pour des informations complémentaires, voir l'Annexe E.

### 5.4.2.2 Disposition de type B

Ce type de disposition comporte, soit un conducteur de ceinturage extérieur à la structure à protéger, en contact avec le sol sur au moins 80 % de sa longueur totale, soit une prise de terre à fond de fouille formant une boucle fermée. Ces électrodes de terre peuvent également être maillées.

Note : Bien que 20 % de sa surface puissent ne pas être en contact avec le sol, le conducteur de ceinturage doit toujours être entièrement connecté sur toute sa longueur.

Pour la prise de terre en boucle (ou une prise de terre à fond de fouille), le rayon géométrique moyen  $r_e$  de la surface délimitée par ladite prise (ou la prise de terre à fond de fouille) ne doit pas être inférieur à la valeur de  $l_1$  :

$$r_e \geq l_1 \quad (1)$$

où  $l_1$  est représentée à la Figure 2 selon les classes I, II, III et IV de SPF

Lorsque la valeur prescrite de  $l_1$  est supérieure à la valeur appropriée de  $r_e$ , des électrodes radiales ou verticales (ou inclinés) supplémentaires doivent être ajoutées, les longueurs individuelles  $l_r$  (horizontales) et  $l_v$  (verticales) étant obtenues à l'aide des formules suivantes :

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

$$\text{et} \quad l_v = (l_1 - r_e)/2 \quad (3)$$

Il est recommandé que le nombre d'électrodes ne soit pas inférieur au nombre de conducteurs de descente, avec un minimum de deux.

Il convient de connecter les électrodes complémentaires à la prise de terre en boucle au niveau des conducteurs de descente et, dans toute la mesure du possible, de manière équidistante.

### 5.4.3 Installation des électrodes de terre

Il convient que la prise de terre en boucle (disposition de type B) soit, de préférence, enterrée à au moins 0,5 m de profondeur et à environ 1 m des murs extérieurs.

Les électrodes de terre (disposition de type A) doivent être installées à au moins 0,5 m de profondeur et réparties aussi uniformément que possible, de manière à réduire au minimum les effets de couplage électrique dans le sol.

NOTE Si l'électrode de terre de type A est positionnée dans une enveloppe de contrôle elle-même située à l'intérieur d'un revêtement à haute résistance ou dans du béton contigu, l'exigence d'une distance de 0,5 m peut ne pas être prise en compte.

Les électrodes de terre doivent être installées de façon à permettre une inspection pendant la construction.

La profondeur d'enfouissement et le type des électrodes de terre doivent permettre de réduire au minimum les effets de la corrosion, de l'assèchement et du gel du sol, et de ce fait stabiliser la valeur de la résistance conventionnelle de terre. Il est recommandé que la partie supérieure d'une électrode de terre verticale égale à la profondeur du sol gelé ne soit pas considérée comme efficace dans des conditions de gel.

NOTE Ainsi, il convient d'ajouter une longueur de 0,5 m, pour toute électrode verticale, à la valeur de la longueur  $l_1$  calculée en 5.4.2.1 et en 5.4.2.2.

Dans la roche vive nue, une disposition de prise de terre de type B est recommandée.

Pour des structures avec réseaux de communication extensifs ou à risque d'incendie élevé (voir CEI 62305-2), une disposition de prise de terre de type B est préférable.

### 5.4.4 Electrodes de terre naturelles

Il convient de préférence d'utiliser les armatures d'acier interconnectées des fondations en béton conformément à 5.6, ou d'autres structures métalliques souterraines appropriées, comme électrode

de terre. Lorsque l'armature métallique du béton est utilisée comme électrode de terre, un soin particulier doit être apporté aux interconnexions, pour éviter un éclatement mécanique du béton.

NOTE 1 Dans le cas du béton précontraint, il convient de prendre en considération les conséquences du passage des courants de décharge de foudre qui peuvent produire des contraintes mécaniques inadmissibles.

NOTE 2 En cas d'utilisation d'une prise de terre à fond de fouille, un renforcement de la résistance de terre à long terme est possible.

NOTE 3 Des informations plus détaillées sur ce sujet sont données dans l'Annexe E.

## 5.5 Composants

Les composants d'un SPF doivent résister aux effets électromagnétiques du courant de foudre et aux contraintes accidentelles prévisibles sans être endommagés. Ceci peut être réalisé en choisissant des composants ayant été soumis à essai avec succès conformément à la série de normes CEI 62561.

Les composants d'un SPF doivent être réalisés à partir des matériaux donnés dans le Tableau 5 ou d'autres matériaux présentant des caractéristiques de performances mécaniques, électriques et chimiques (corrosion) équivalentes.

NOTE Des composants non métalliques peuvent être utilisés pour les fixations.

**Tableau 5 – Matériaux des SPF et conditions d'utilisation**

Matériau	Utilisation			Corrosion		
	Dans l'air ambiant	En terre	Dans le béton	Résistance	Renforcée par	Peut être supprimée par couplage galvanique avec
Cuivre	Massif Torsadé	Massif Torsadé Sous forme de revêtement	Massif Torsadé Sous forme de revêtement	Correcte dans de nombreux environnements	Composés sulfurés Matériaux organiques	–
Acier galvanisé à chaud	Massif Torsadé	Massif	Massif Torsadé	Acceptable dans l'air, le béton et les sols simples	Teneur élevée en chlorures	Cuivre
Acier avec dépôt électrolytique de cuivre	Massif	Massif	Massif	Correcte dans de nombreux environnements	Composés sulfurés	
Acier inoxydable	Massif Torsadé	Massif Torsadé	Massif Torsadé	Correcte dans de nombreux environnements	Teneur élevée en chlorures	–
Aluminium	Massif Torsadé	Inapproprié	Inapproprié	Correcte dans des atmosphères contenant de faibles concentrations de soufre et de chlorure	Solutions alcalines	Cuivre
Plomb	Massif Sous forme de revêtement	Massif Sous forme de revêtement	Inapproprié	Correcte dans des atmosphères contenant une forte concentration de sulfates	Sols acides	Cuivre Acier inoxydable

NOTE 1 Le présent tableau fournit uniquement des indications générales. Dans des circonstances particulières, des considérations sur l'immunité contre la corrosion plus attentives sont requises (voir Annexe E).

NOTE 2 Les conducteurs torsadés sont plus vulnérables à la corrosion que les conducteurs massifs. Les conducteurs torsadés sont également vulnérables lorsqu'ils entrent ou sortent du béton ou du sol. C'est la raison pour laquelle l'acier galvanisé torsadé n'est pas recommandé dans le sol.

NOTE 3 L'acier galvanisé peut être corrodé dans des sols argileux ou humides.

NOTE 4 Il convient que l'acier galvanisé dans le béton ne se prolonge pas dans le sol en raison de la corrosion possible de l'acier juste à l'extérieur du béton.

NOTE 5 Il convient de ne pas utiliser l'acier galvanisé en contact avec l'armature d'acier dans le béton dans les zones côtières où l'eau souterraine peut contenir du sel

NOTE 6 L'utilisation de plomb dans le sol est souvent bannie ou limitée en raison des préoccupations d'environnement.

### 5.5.1 Fixations

Les dispositifs de capture et les conducteurs de descente doivent être solidement fixés, de manière à empêcher toute rupture ou tout desserrage des conducteurs (voir Annexe D de la CEI 62305-1), du fait des forces électrodynamiques ou des efforts mécaniques accidentels (par exemple, vibrations, glissement de plaques de neige, expansion thermique, etc.).

NOTE Les distances recommandées entre les fixations sont indiquées dans le Tableau E.1.

### 5.5.2 Connexions

Le nombre de raccords le long des conducteurs doit être réduit au minimum. Les raccords doivent être fixés par des méthodes telles que brasage, soudage, serrage, sertissage, vissage ou boulonnage.

Pour y parvenir, les connexions des armatures métalliques dans des structures en béton armé doivent être conformes à 4.3 et doivent satisfaire aux exigences et essais définis dans la CEI 62561-1.

## 5.6 Matériaux et dimensions

### 5.6.1 Matériaux

Les matériaux et leurs dimensions doivent être choisis en tenant compte de la possibilité de corrosion de la structure à protéger ou du SPF.

### 5.6.2 Dimensions

Les configurations et les sections minimales des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente sont données dans le Tableau 6. Elles doivent être conformes aux exigences et essais conformes à la série de normes CEI 62561.

Les configurations et les dimensions minimales des électrodes de terre sont données dans le Tableau 7. Elles doivent satisfaire aux exigences et essais conformes à la série de normes CEI 62561.

**Tableau 6 - Matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges, des électrodes de terre guidées et des conducteurs de descente <sup>1)</sup>**

Matériau	Configuration	Section
Cuivre , cuivre étamé	Plaque pleine	50 mm <sup>2</sup>
	Rond plein <sup>2)</sup>	50 mm <sup>2</sup>
	Torsadé <sup>2)</sup>	50 mm <sup>2</sup>
	Rond plein <sup>3)</sup>	176 mm <sup>2</sup>
Aluminium	Plaque pleine	70 mm <sup>2</sup>
	Rond plein	50 mm <sup>2</sup>
	Torsadé	50 mm <sup>2</sup>
Alliage d'aluminium	Plaque pleine	50 mm <sup>2</sup>
	Rond plein	50 mm <sup>2</sup>
	Torsadé	50 mm <sup>2</sup>



	Rond plein <sup>3)</sup>	176 mm <sup>2</sup>
Alliage d'aluminium à revêtement en cuivre	Rond plein	50 mm <sup>2</sup>
Acier galvanisé à chaud	Plaque pleine	50 mm <sup>2</sup>
	Rond plein	50 mm <sup>2</sup>
	Torsadé	50 mm <sup>2</sup>
	Rond plein <sup>3)</sup>	176 mm <sup>2</sup>
Acier à revêtement en cuivre	Rond plein	50 mm <sup>2</sup>
	Plaque pleine	50 mm <sup>2</sup>
Acier inoxydable	Plaque pleine <sup>4)</sup>	50 mm <sup>2</sup>
	Rond plein <sup>4)</sup>	50 mm <sup>2</sup>
	Torsadé	70 mm <sup>2</sup>
	Rond plein <sup>3)</sup>	176 mm <sup>2</sup>
<p><sup>1)</sup> Les caractéristiques mécaniques et électriques, ainsi que les propriétés de résistance à la corrosion doivent satisfaire aux exigences de la série de normes CEI 62561.</p> <p><sup>2)</sup> 50 mm<sup>2</sup> (diamètre de 8 mm) peut être réduit à 25 mm<sup>2</sup> dans certaines applications où la résistance mécanique ne constitue pas une exigence essentielle. Il convient dans ce cas de prendre en considération la réduction de l'espacement entre les fixations.</p> <p><sup>3)</sup> Applicable aux tiges et aux électrodes de terre guidées. Pour les tiges pour lesquelles la contrainte mécanique telle que la charge due au vent n'est pas critique, une tige d'un diamètre de 9,5 mm et d'une longueur de 1 m peut être utilisée.</p> <p><sup>4)</sup> Si les considérations thermiques et mécaniques constituent des éléments importants, il convient porter ces valeurs à 75 mm<sup>2</sup>.</p>		

Tableau 7 - Matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre <sup>1), 5)</sup>

Matériau	Configuration	Dimensions		
		Diamètre de la tige de terre mm	Conducteur de terre mm <sup>2</sup>	Plaque de terre mm
Cuivre Cuivre étamé	Torsadé		50	
	Rond plein	15	50	
	Plaque pleine		50	
	Canalisation	20		
	Plaque pleine			500 x 500
	Plaque en treillis			600 x 600
Acier galvanisé à chaud	Rond plein	14	78	
	Canalisation	25		
	Plaque pleine		90	
	Plaque pleine			500 x 500
	Plaque en treillis <sup>4)</sup>			600 x 600
	Profil	<sup>4)</sup>		
Acier nu <sup>2)</sup>	Torsadé		70	
	Rond plein		78	
	Plaque pleine		75	
Acier revêtu de cuivre	Rond plein	14 <sup>6)</sup>	50	
	Plaque pleine		90	

Acier inoxydable	Rond plein	15 <sup>6)</sup>	78	
	Plaque pleine		100	

<sup>1)</sup> Les caractéristiques mécaniques et électriques, ainsi que les propriétés de résistance à la corrosion doivent satisfaire aux exigences de la série de normes CEI 62561.

<sup>2)</sup> Doit être encastré dans le béton sur une profondeur minimale de 50 mm.

<sup>3)</sup> Plaque en treillis avec une longueur totale minimale du conducteur de 4,8 m.

<sup>4)</sup> Différents profils sont admis avec une section de 290 mm<sup>2</sup> et une épaisseur minimale de 3 mm, par exemple, profil transversal.

<sup>5)</sup> Dans le cas d'un réseau de terre à fond de fouille à disposition de type B, l'électrode de terre doit être connectée de manière appropriée au moins tous les 5 m, à l'armature d'acier.

<sup>6)</sup> Dans certains pays, le diamètre peut être réduit à 12,7 mm.

## 6. Installation intérieure de système de protection contre la foudre

### 6.1 Généralités

L'installation intérieure de système de protection contre la foudre doit empêcher l'apparition d'étincelles dangereuses dans la structure à protéger, dues à l'écoulement du courant de foudre dans l'installation extérieure de système de protection contre la foudre ou dans les autres parties conductrices de la structure.

Les étincelles dangereuses peuvent apparaître entre l'installation extérieure de système de protection contre la foudre et d'autres composants tels que :

- les installations métalliques ;
- les réseaux internes ;
- les parties conductrices extérieures et les lignes connectées à la structure.

NOTE 1 Une étincelle apparaissant dans la structure avec un danger d'explosion est toujours dangereuse. Dans ce cas, des mesures complémentaires de protection sont requises et sont à l'étude (voir Annexe E).

NOTE 2 Pour la protection contre les surtensions dans les réseaux internes, se reporter à la CEI 62305-4.

Les étincelles dangereuses entre les différents éléments peuvent être évitées à l'aide :

- d'une liaison équipotentielle conformément à 6.2, ou
- d'une isolation électrique entre les éléments conformément à 6.3.

### 6.2 Liaison équipotentielle de foudre

#### 6.2.1 Généralités

L'équipotentialité est réalisée par l'interconnexion du SPF avec

- des installations métalliques,
- des réseaux internes,
- les parties conductrices extérieures et les lignes connectées à la structure.

Lorsqu'une liaison équipotentielle de foudre est réalisée pour des réseaux internes, une partie du courant de foudre peut s'écouler à l'intérieur de ces réseaux et cet aspect doit être pris en compte.

Les moyens d'interconnexion peuvent être

- les conducteurs d'équipotentialité, lorsque la continuité électrique n'est pas assurée par liaison naturelle,
- les parafoudres, lorsque des connexions directes avec des conducteurs d'équipotentialité ne sont pas réalisables.
- les éclateurs d'isolement, lorsque des connexions directes avec les conducteurs d'équipotentialité ne sont pas admises.

La façon dont la liaison équipotentielle de foudre est réalisée est importante et doit être concertée avec l'opérateur du réseau de télécommunication, le distributeur du réseau de puissance et de canalisations de gaz, ainsi que d'autres opérateurs ou autorités concernés, du fait d'éventuelles exigences conflictuelles.

Les parafoudres doivent être installés de manière à pouvoir être inspectés.

NOTE Lorsqu'un système de protection contre la foudre est installé, des armatures métalliques extérieures à la structure à protéger peuvent être affectées. Il convient d'en tenir compte dans la conception de ces systèmes. Une liaison équipotentielle de foudre pour les armatures métalliques extérieures peut également se révéler nécessaire.

### 6.2.2 Liaison équipotentielle de foudre pour les installations métalliques

Dans le cas d'une installation extérieure de système de protection contre la foudre isolée, une liaison équipotentielle de foudre doit être réalisée uniquement au niveau du sol.

Dans le cas d'une installation extérieure de système de protection contre la foudre non isolée, la liaison équipotentielle de foudre doit être réalisée dans les emplacements suivants :

- a) au sous-sol ou approximativement au niveau du sol. Des conducteurs d'équipotentialité doivent être reliés à une barre d'équipotentialité fabriquée et disposée de façon à permettre un accès facile pour inspection. La barre d'équipotentialité doit être raccordée au réseau de prises de terre. Pour les structures de grandes dimensions (typiquement de longueur supérieure à 20 m), plusieurs barres d'équipotentialité peuvent être installées à condition qu'elles soient interconnectées ;
- b) lorsque les exigences d'isolement ne sont pas satisfaites (voir 6.3).

Les liaisons équipotentielles de foudre doivent être aussi directes et droites que possible.

NOTE Lorsque la liaison équipotentielle de foudre est reliée à des parties conductrices de la structure, une partie du courant de foudre peut s'écouler dans la structure et il convient de prendre en compte cet effet.

Les valeurs minimales de la section des conducteurs d'équipotentialité connectant différentes barres d'équipotentialité et des conducteurs connectant les barres au réseau de prises de terre sont données dans le Tableau 8.

Les valeurs minimales de la section des conducteurs d'équipotentialité connectant les installations métalliques internes aux barres d'équipotentialité sont données dans le Tableau 9.

**Tableau 8 - Dimensions minimales des conducteurs de connexion de différentes barres d'équipotentialité ou de connexion de ces mêmes barres au réseau de prises de terre**

Classe de SPF	Matériau	Section mm <sup>2</sup>
I à IV	Cuivre	16
	Aluminium	25
	Acier	50

**Tableau 9 – Dimensions minimales des conducteurs de connexion des installations métalliques internes à la barre d'équipotentialité**

Classe de SPF	Matériau	Section mm <sup>2</sup>
I à IV	Cuivre	6
	Aluminium	10
	Acier	16

Si des parties isolantes sont insérées sur des canalisations de gaz ou d'eau, à l'intérieur de la structure à protéger, elles doivent être shuntées par des éclateurs d'isolement conçus pour un tel fonctionnement, avec l'accord du distributeur d'eau et de gaz.

Les éclateurs d'isolement doivent être soumis à essai conformément à la CEI 62561-3 et doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- $I_{\text{imp}} \geq k_c I$  avec  $k_c I$  étant le courant de foudre s'écoulant dans la partie appropriée du SPF extérieur (voir Annexe C) ;
- tension assignée d'amorçage au choc  $U_{\text{r imp}}$  inférieure au niveau de tenue aux chocs de l'isolation entre les éléments.

### 6.2.3 Liaison équipotentielle de foudre pour les parties conductrices extérieures

Pour les parties conductrices extérieures, la liaison équipotentielle de foudre doit être établie aussi près que possible du point de pénétration dans la structure à protéger.

Les conducteurs d'équipotentialité doivent être capables de supporter la partie  $I_f$  du courant de foudre s'écoulant à travers eux, évaluée conformément à l'Annexe E de la CEI 62305-1.

Si une liaison directe n'est pas acceptable, les éclateurs d'isolement avec les caractéristiques suivantes doivent être utilisés :

Les éclateurs d'isolement doivent être soumis à essai conformément à la CEI 62561-3 et doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- $I_{\text{imp}} \geq I_f$  avec  $I_f$  étant le courant de foudre s'écoulant dans la partie conductrice extérieure considérée (voir Annexe E de la CEI 62305-1) ;
- tension assignée d'amorçage au choc  $U_{\text{r imp}}$  inférieure au niveau de tenue aux chocs de l'isolation entre les éléments.

NOTE Lorsqu'une liaison équipotentielle est exigée, contrairement à un SPF qui ne l'est pas, la prise de terre de l'installation électrique basse tension peut être utilisée à cette fin. La CEI 62305-2 fournit des informations concernant les conditions dans lesquelles aucun SPF n'est requis.

### 6.2.4 Liaison équipotentielle de foudre des réseaux internes

Il est essentiel de réaliser une liaison équipotentielle de foudre conformément à 6.2.2 a) et 6.2.2 b).

Si les conducteurs de réseaux internes sont blindés ou installés dans des conduits métalliques, il peut être suffisant de mettre à la terre uniquement ces écrans et ces conduits (voir Annexe B).

NOTE La mise à la terre des écrans et conduits peut ne pas prévenir les défaillances dues aux surtensions des matériels qui sont connectés aux conducteurs. Pour la protection de ces matériels, se reporter à la CEI 62305-4.

Si les conducteurs des réseaux internes ne sont ni blindés ni installés dans des conduits métalliques, ils doivent être mis à la terre par des parafoudres. Dans les schémas TN, les conducteurs PE et PEN doivent être reliés au SPF de manière directe ou par un parafoudre.

Les conducteurs d'équipotentialité et les parafoudres doivent avoir les mêmes caractéristiques de résistance au courant que celles indiquées en 6.2.2 pour les éclateurs d'isolement.

Les parafoudres doivent être conformes aux CEI 61643-1 et 61643- 21 et doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- soumis à essai avec  $I_{\text{imp}} \geq k_c I$ ,  $k_c I$  représentant le courant de foudre s'écoulant dans la partie appropriée du SPF extérieur (voir Annexe C) ;
- niveau de protection  $U_p$  inférieur au niveau de tenue aux chocs de l'isolation entre les éléments.

Si la protection des réseaux internes contre les tensions de choc est requise, un réseau de protection coordonnée par parafoudres conformément aux exigences de la CEI 62305-4, Article 7, doit être utilisé.

### 6.2.5 Liaison équipotentielle de foudre des lignes connectées à la structure à protéger

La liaison équipotentielle de foudre pour les lignes de puissance et de communication doit être réalisée conformément à 6.2.3.

Il convient que tous les conducteurs de chaque ligne soient mis à la terre directement ou par l'intermédiaire d'un parafoudre. Les conducteurs actifs doivent être reliés à la barre

d'équipotentialité uniquement par un parafoudre. Dans les schémas TN, les conducteurs PE ou PEN doivent être reliés à la barre d'équipotentialité directement ou par l'intermédiaire d'un parafoudre.

Si les lignes sont blindées ou placées dans des conduits métalliques, ces écrans et conduits doivent être mis à la terre. Une liaison équipotentielle de foudre pour les conducteurs n'est pas nécessaire à condition que la section  $S_c$  de ces écrans ou conduits ne soit pas inférieure à la valeur minimale  $S_{cmin}$  évaluée conformément à l'Annexe B.

La liaison équipotentielle de foudre des écrans de câbles ou des conduits doit être réalisée à proximité de leur point de pénétration dans la structure.

Les conducteurs d'équipotentialité et les parafoudres doivent avoir les mêmes caractéristiques de résistance au courant que celles indiquées en 6.2.3 pour les éclateurs.

Les parafoudres doivent être conformes aux CEI 61643-1 et 61643-21 et avoir les caractéristiques suivantes :

- soumis à essai avec  $I_{imp} \geq I_f$ ,  $I_f$  représentant le courant de foudre s'écoulant dans les lignes (voir Annexe E de la CEI 62305-1) ;
- niveau de protection  $U_p$  inférieur au niveau de tenue aux chocs de l'isolation entre les éléments.

Si la protection contre les tensions de choc des réseaux internes reliés aux lignes pénétrant dans la structure est requise, un réseau de protection coordonnée par parafoudres conformément aux exigences de la CEI 62305-4, Article 7, doit être utilisé.

NOTE 1 Lorsqu'une liaison équipotentielle est exigée, contrairement à un SPF qui ne l'est pas, la prise de terre de l'installation électrique basse tension peut être utilisée à cette fin. La CEI 62305-2 fournit des informations concernant les conditions dans lesquelles aucun SPF n'est requis.

### 6.3 Isolation électrique d'un SPF extérieur

L'isolation électrique entre le dispositif de capture ou le conducteur de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les réseaux internes peut être réalisée par une distance de séparation  $s$  entre les éléments. L'équation générale utilisée pour le calcul de  $s$  est donnée par la formule suivante :

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l \quad (\text{m}) \quad (4)$$

où :

- $k_i$  dépend de la classe de SPF choisie (voir Tableau 10) ;
- $k_m$  dépend du matériau d'isolation électrique (voir Tableau 11) ;
- $k_c$  dépend du courant de foudre s'écoulant dans le dispositif de capture et le conducteur de descente ;
- $l$  est la longueur, en mètres, le long du dispositif de capture et du conducteur de descente entre le point où la distance de séparation doit être prise en considération et le point de liaison équipotentielle le plus proche (voir E.6.3 de l'Annexe E).

NOTE La longueur  $l$  le long du dispositif de capture peut être négligée dans les structures comportant une toiture métallique continue servant de dispositif de capture naturel.

**Tableau 10 – Isolation d'un SPF extérieur – Valeurs du coefficient  $k_i$**

Classe de SPF	$k_i$
I	0,08
II	0,06
III et IV	0,04

**Tableau 11 – Isolation d'un SPF extérieur – Valeurs du coefficient  $k_m$** 

Air	1
Béton, briques, bois	0,5
<p>NOTE 1 Lorsqu'il existe plusieurs matériaux isolants en série, l'application de la valeur inférieure de <math>k_m</math> constitue une bonne pratique.</p> <p>NOTE 2 Pour l'utilisation d'autres matériaux isolants, il convient que le fabricant fournisse des recommandations de construction et la valeur de <math>k_m</math>.</p>	

Dans le cas des lignes ou des parties conductrices extérieures pénétrant dans la structure, il est toujours nécessaire de réaliser une liaison équipotentielle de foudre (par une connexion directe ou une connexion par l'intermédiaire d'un parafoudre) au point de pénétration dans la structure.

Dans des structures en béton armé avec armatures métalliques ou à connexion électrique continue, une distance de séparation n'est pas requise.

Le coefficient de répartition  $k_c$  du courant de foudre entre les dispositifs de capture/conducteurs de descente dépend de la classe de dispositif de capture, du nombre total  $n$  et de la position des conducteurs de descente, ainsi que des conducteurs de ceinturage d'interconnexion et du type de réseau de prises de terre. La distance de séparation nécessaire dépend de la chute de tension sur le chemin le plus court à partir du point où la distance de séparation doit être prise en considération, jusqu'à l'électrode de terre ou le point de liaison équipotentielle le plus proche.

### 6.3.1 Approche générale

Dans les structures typiques d'application de l'équation (4), il doit être tenu compte des conditions suivantes :

- $k_c$  dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente (voir Tableau 12 et Annexe C) ;
- $l$  est la hauteur, en mètres, le long du conducteur de descente entre le point où la distance de séparation doit être prise en considération, jusqu'au point de liaison équipotentielle le plus proche.

**Tableau 12 – Isolation d'un SPF extérieur – Valeurs approchées du coefficient  $k_c$** 

Nombre de conducteurs de descente $n$	$k_c$
1 (uniquement dans le cas d'un SPF isolé)	1
2	0,66
3 et au-delà	0,44
<p>NOTE Les valeurs du Tableau 12 s'appliquent à toutes les dispositions de prises de terre de type B et toutes les dispositions de prises de terre de type A, à condition que la résistance de terre des électrodes de terre voisines ne diffère pas de plus d'un facteur de 2. Si les résistances de terre des électrodes simples diffèrent de plus d'un facteur de 2, une valeur <math>k_c = 1</math> doit être supposée.</p>	

Des informations complémentaires sur le partage du courant de foudre dans les conducteurs de descente sont données à l'Annexe C.

NOTE L'approche générale génère habituellement des résultats sûrs.

### 6.3.2 Approche détaillée

Dans un SPF comportant un dispositif de capture maillé ou des conducteurs de ceinturage interconnectés, les dispositifs de capture ou les conducteurs de descente ont différentes valeurs de courant s'écoulant sur leurs longueurs du fait de la division du courant. Dans ces cas, une évaluation plus précise de la distance de séparation  $s$  peut être effectuée à l'aide de la relation suivante :

$$s = \frac{k_i}{k_m} (kc_1 \cdot l_1 + kc_2 \cdot l_2 + \dots + k_{cn} \cdot l_n) \quad (5)$$

Lorsque les dispositifs de capture ou les conducteurs de descente ont différentes valeurs de courant s'écoulant sur leurs longueurs du fait de la présence des conducteurs de ceinturage d'interconnexion, les Figures C.4 et C.5 s'appliquent.

NOTE 1 Cette approche peut être utilisée pour l'évaluation de la distance de séparation dans les structures de très grandes dimensions ou les structures de forme complexe.

NOTE 2 Des programmes de réseaux numériques peuvent être utilisés pour le calcul des coefficients  $k_c$  applicables aux conducteurs individuels.

## **7. Maintenance et inspection d'un SPF**

### **7.1 Application des inspections**

Les inspections ont pour objet de s'assurer que :

- a) le système de protection contre la foudre est conforme à la conception basée sur la présente norme,
- b) tous les composants du système de protection contre la foudre sont en bon état et capables d'assurer les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus, et qu'il n'y a pas de corrosion,
- c) tous les services ou toutes les constructions récemment ajouté(e)s sont intégré(e)s dans le SPF.

### **7.2 Ordre des inspections**

Il convient de réaliser les inspections conformément à 7.1 comme suit :

- pendant la construction de la structure, afin de contrôler les électrodes enterrées ;
- après l'installation du SPF ;
- périodiquement, avec des intervalles déterminés en fonction de la nature de la structure à protéger, c'est-à-dire des problèmes de corrosion et de la classe de SPF ;

NOTE Pour des informations détaillées, voir l'Article E.7.

- après des détériorations ou des réparations, ou lorsqu'il est notoire que la structure a été frappée par la foudre.

Lors des inspections périodiques, il est particulièrement important de vérifier les points suivants :

- la détérioration et la corrosion des éléments des dispositifs de capture, des conducteurs et des connexions ;
- la corrosion des électrodes de terre ;
- la valeur de résistance de terre applicable au réseau de prises de terre ;
- l'état des connexions, de la liaison équipotentielle et des fixations.

### **7.3 Maintenance**

Des inspections régulières constituent le principe même d'une maintenance fiable d'un système de protection contre la foudre. Le propriétaire du ou des biens concerné(s) doit être informé de tous les défauts constatés, qui doivent être réparés sans retard.

## **8. Mesures de protection contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas**

### **8.1 Mesures de protection contre les tensions de contact**

Dans certaines conditions, la proximité des conducteurs de descente avec un SPF, à l'extérieur de la structure, peut être dangereuse même si le SPF a été conçu et construit conformément aux exigences susmentionnées.

Le danger est réduit à un niveau tolérable si l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- a) la probabilité pour que les personnes s'approchent ou la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible ;
- b) un réseau d'au moins 10 conducteurs de descente naturels conformes à 5.3.5 est utilisé ;
- c) la résistance de contact de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m du conducteur de descente, n'est pas inférieure à 100 k $\Omega$ .

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple, une couche d'asphalte de 5 cm d'épaisseur (ou une couche de gravier de 15 cm d'épaisseur) réduit généralement le danger à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact de la manière suivante :

- l'isolation du conducteur de descente exposé est assurée pour une tension de tenue aux chocs de 100 kV, 1,2/50  $\mu$ s, par exemple, par du polyéthylène réticulé d'une épaisseur minimale de 3 mm ;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de contact avec les conducteurs de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

## 8.2 Mesures de protection contre les tensions de pas

Dans certaines conditions, la proximité des conducteurs de descente à l'extérieur de la structure, peut être dangereuse même si le SPF a été conçu et construit conformément aux règles susmentionnées.

Le danger est réduit à un niveau tolérable si l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- a) la probabilité pour que les personnes s'approchent ou la durée de leur présence dans la zone dangereuse à une distance de 3 m des conducteurs de descente est très faible ;
- b) un réseau d'au moins 10 conducteurs de descente naturels conformes à 5.3.5 est utilisé ;
- c) la résistance de contact de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m du conducteur de descente, n'est pas inférieure à 100 k $\Omega$ .

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple, une couche d'asphalte de 5 cm d'épaisseur (ou une couche de gravier de 15 cm d'épaisseur) réduit généralement le danger à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de pas de la manière suivante :

- équipotentialité au moyen d'un réseau de prises de terre maillé ;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité d'accès à la zone dangereuse, à une distance de 3 m du conducteur de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).



## Annexe A (normative)

### Emplacement du dispositif de capture

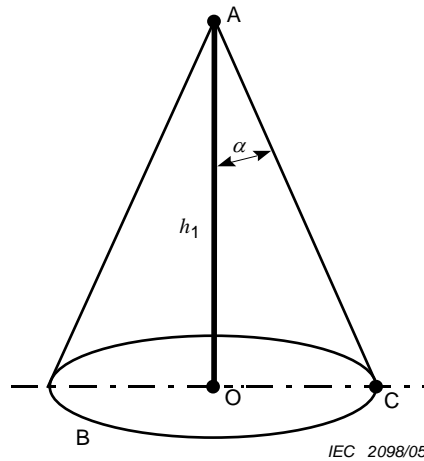
#### A.1 Emplacement du dispositif de capture par la méthode de l'angle de protection

La position du dispositif de capture est considérée appropriée si la structure à protéger est complètement située à l'intérieur du volume protégé par le dispositif de capture.

Pour la détermination du volume protégé, seules les dimensions physiques réelles des dispositifs de capture métalliques doivent être prises en considération.

##### A.1.1 Volume protégé par une tige de capture verticale

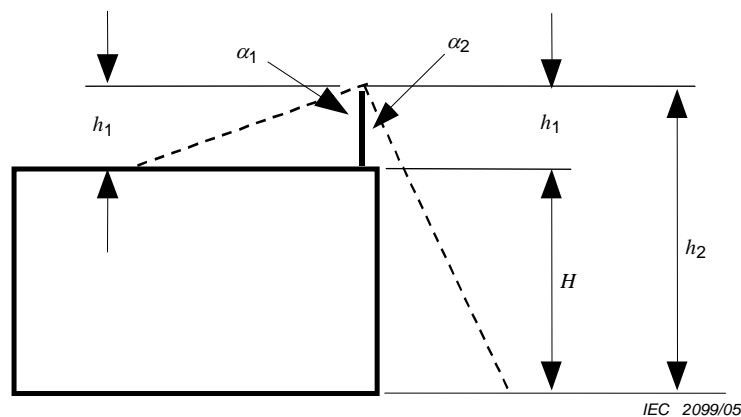
Le volume protégé par une tige verticale est supposé avoir la forme d'un cône circulaire droit ayant pour axe la tige de capture, de demi-angle de pointe  $\alpha$ , selon la classe de SPF et selon la hauteur du dispositif de capture comme indiqué au Tableau 2. Des exemples de volume protégé sont donnés aux Figures A.1 et A.2.



#### Légende

- A pointe d'une tige de capture
- B plan de référence
- OC rayon de la surface protégée
- $h_1$  hauteur de la tige de capture au-dessus du plan de référence de la surface à protéger
- $\alpha$  angle de protection selon le Tableau 2

**Figure A.1 - Volume protégé par une tige de capture verticale**



**Légende**

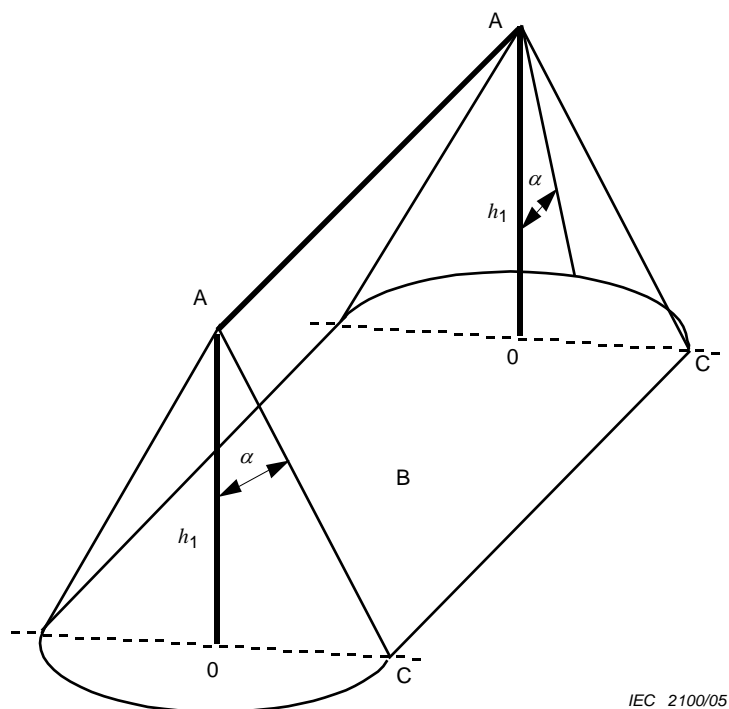
$h_1$  hauteur physique de la tige de capture

NOTE L'angle de protection  $\alpha_1$  correspond à la hauteur  $h_1$  du dispositif de capture, cette hauteur étant prise au-dessus de la surface du toit à protéger ; l'angle de protection  $\alpha_2$  correspond à la hauteur  $h_2 = h_1 + H$ , le sol étant le plan de référence ;  $\alpha_1$  est lié à  $h_1$  et  $\alpha_2$  est lié à  $h_2$ .

**Figure A.2 - Volume protégé par une tige de capture verticale**

**A.1.2 Volume protégé par un réseau de fils tendus**

Le volume protégé par un fil (tendu) est défini par la composition du volume protégé par des tiges verticales et virtuelles de capture dont le sommet repose sur le fil. Des exemples de volume protégé sont donnés à la Figure A.3.



NOTE Voir Figure A.1 pour légende.

**Figure A.3 - Volume protégé par un réseau de fils tendus**

**A.1.3 Volume protégé par des conducteurs maillés**

Le volume protégé par des conducteurs maillés est défini par une combinaison du volume protégé déterminé par les conducteurs simples constituant la maille.

Des exemples de volume protégé par des conducteurs maillés sont donnés aux Figures A.4 et A.5.

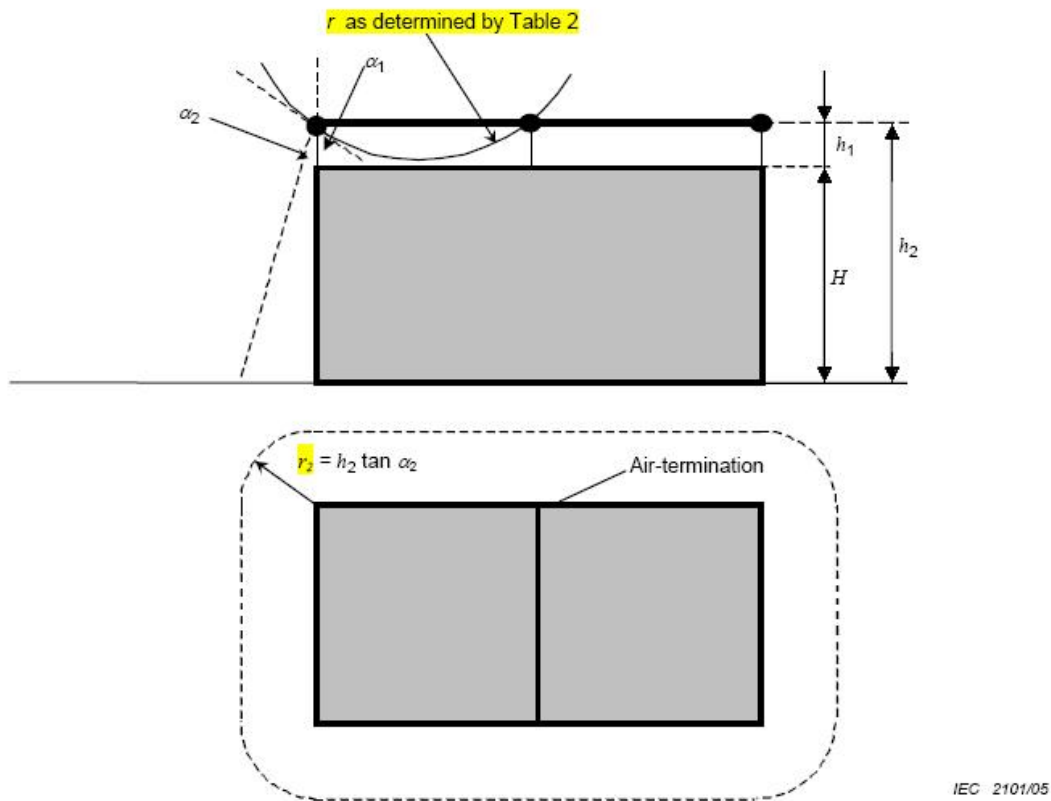


Figure A.4 – Volume protected by isolated wires combined in a mesh according to the protective angle method and rolling sphere method

$r$ as determined by Table 2	$r$ tel que déterminé par le Tableau 2
Air-termination	Dispositif de capture

Figure A.4 - Volume protégé par des conducteurs isolés combinés dans une maille selon la méthode de l'angle de protection et la méthode de la sphère fictive

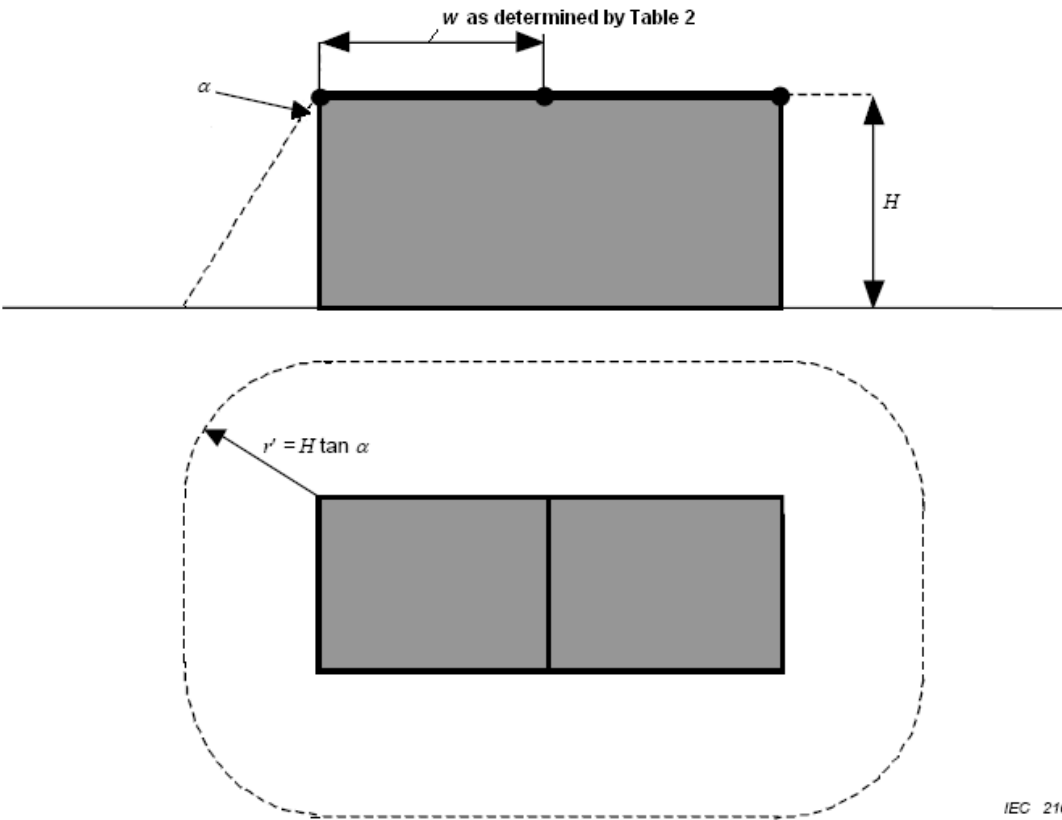


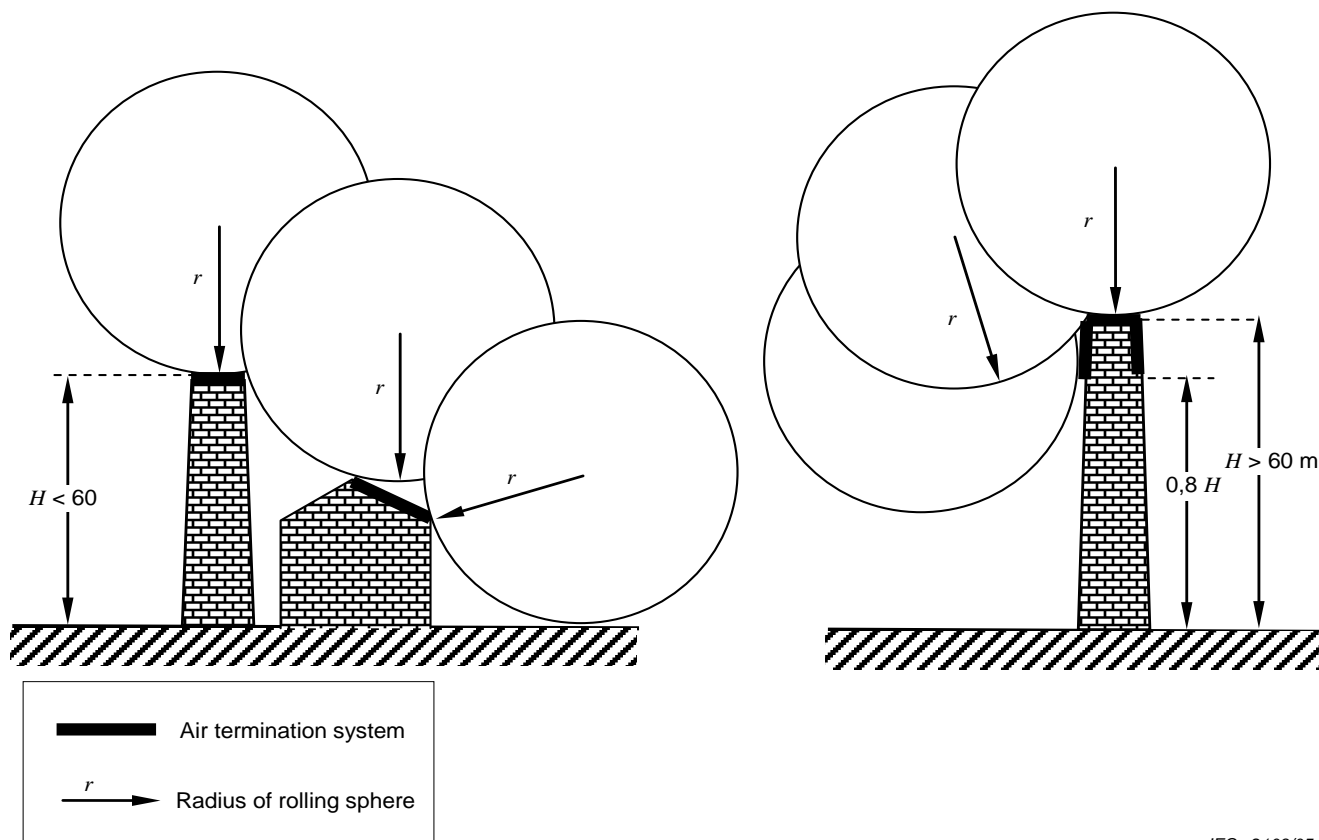
Figure A.5 – Volume protected by non-isolated wires combined in a mesh according to the mesh method and the protective angle method

w as determined by Table 2	w tel que déterminé par le Tableau 2
----------------------------	--------------------------------------

Figure A.5 - Volume protégé par des conducteurs non isolés combinés dans une maille selon la méthode des mailles et la méthode de l'angle de protection

A.2 Emplacement du dispositif de capture par la méthode de la sphère fictive

Lors de l'utilisation de cette méthode, l'emplacement du dispositif de capture est approprié si aucun point de la structure à protéger ne vient en contact avec une sphère de rayon  $r$ , selon la classe de SPF (voir Tableau 2), roulant autour et au sommet de la structure dans toutes les directions possibles. De cette manière, la sphère touche uniquement le dispositif de capture (voir Figure A.6).



IEC 2103/05

Air termination system	Dispositif de capture
Radius of rolling sphere	Rayon de la sphère fictive

NOTE 1 Il convient que le rayon de la sphère fictive  $r$  satisfasse à la classe de SPF choisie (voir Tableau 2).

**Figure A.6 - Conception du dispositif de capture selon la méthode de la sphère fictive**

Pour toutes les structures plus élevées que le rayon de la sphère fictive  $r$ , des coups latéraux peuvent se produire. Chaque point latéral de la structure touché par la sphère fictive constitue un possible point d'impact. Toutefois, la probabilité de coups latéraux est généralement négligeable pour des structures de hauteur inférieure à 60 m.

Pour des structures plus élevées, la plupart de ces coups de foudre se produisent au sommet, au niveau des arêtes horizontales et des coins de la structure. Seul un faible pourcentage de coups se produit sur le côté de la structure.

De plus, les données d'observation montrent que la probabilité de coups latéraux décroît rapidement avec la hauteur du point d'impact sur les structures élevées par rapport au sol. Par conséquent, il convient de prendre en considération l'installation d'un dispositif de capture latéral sur la partie supérieure des structures élevées (généralement les 20 % de la hauteur de la structure les plus élevés). Dans ce cas, la méthode de la sphère fictive s'appliquera uniquement à l'emplacement du dispositif de capture de la partie supérieure de la structure.

**A.3 Emplacement du dispositif de capture par la méthode des mailles**

Pour la protection de surfaces planes, une maille est considérée comme fournissant une protection pour toute la surface sous réserve que toutes les conditions suivantes soient satisfaites :

- a) Les conducteurs de capture sont situés sur
  - des bordures de toit,
  - des avancées de toit,

- des pentes de toit si leur pente est supérieure à 1/10.

NOTE 1 La méthode des mailles est adaptée aux toitures horizontales et inclinées sans courbure.

NOTE 2 La méthode des mailles est adaptée aux surfaces latérales planes pour la protection contre les coups de foudre latéraux.

NOTE 3 Si la pente du toit dépasse 1/10, des conducteurs de capture parallèles peuvent être utilisés au lieu de mailles à condition que la distance entre ces conducteurs ne soit pas supérieure à la taille des mailles requise.

- b) Les dimensions des mailles du réseau de capture ne sont pas supérieures aux valeurs données dans le Tableau 2.
- c) Le réseau de dispositifs de capture est réalisé de manière que le courant de foudre puisse toujours s'écouler par au moins deux cheminements métalliques distincts vers le dispositif de capture concerné.
- d) Aucun élément métallique ne dépasse du volume protégé par les réseaux de capture.

NOTE 4 Des informations complémentaires sont données à l'Annexe E

- e) Les conducteurs de capture suivent, dans toute la mesure du possible, le chemin le plus court et le plus direct.

## Annexe B (normative)

### Section minimale de l'écran d'un câble entrant pour éviter des étincelles dangereuses

Les surtensions entre les conducteurs actifs et l'écran d'un câble peuvent provoquer des étincelles dangereuses dues au courant de foudre véhiculé par l'écran. Les surtensions dépendent du matériau et des dimensions de l'écran, ainsi que de la longueur et de l'emplacement du câble.

La valeur minimale  $S_{cmin}$  (en mm<sup>2</sup>) de la section de l'écran qui permet d'éviter les étincelles dangereuses est donnée par :

$$S_{cmin} = \frac{I_f \times \rho_c \times L_c \times 10^6}{U_w} \quad (\text{mm}^2) \quad (\text{B.1})$$

où

$I_f$  est le courant s'écoulant dans l'écran, en kA ;

$\rho_c$  est la résistivité de l'écran, en  $\Omega\text{m}$  ;

$L_c$  est la longueur du câble, en m (voir Tableau B.1) ;

$U_w$  est la tension de tenue aux chocs du réseau de puissance/communication alimenté par le câble, en kV.

**Tableau B.1 – Longueur de câble à prendre en considération selon l'état de l'écran**

Etat de l'écran	$L_c$
En contact avec le sol de résistivité $\rho$ ( $\Omega\text{m}$ )	$L_c \leq 8 \times \sqrt{\rho}$
Isolé du sol ou dans l'air	$L_c$ distance entre la structure et le point de mise à la terre le plus proche de l'écran

NOTE Il convient de s'assurer qu'une élévation inacceptable de température de l'isolation de la ligne ne peut pas se produire lors de l'écoulement du courant de foudre dans l'écran ou les conducteurs de ligne. Pour des informations détaillées, voir la CEI 62305-4.

Les limites du courant sont données :

- pour les câbles écrantés en cuivre, par  $I_f = 8 \times S_c$  ; et

- pour les câbles non écrantés en cuivre, par  $I_f = 8 \times n' \times S'_c$

où

$I_f$  est le courant dans l'écran, en kA ;

$n'$  est le nombre de conducteurs ;

$S_c$  est la section de l'écran, en mm<sup>2</sup> ;

$S'_c$  est la section de chaque conducteur, en mm<sup>2</sup>.

## Annexe C (informative)

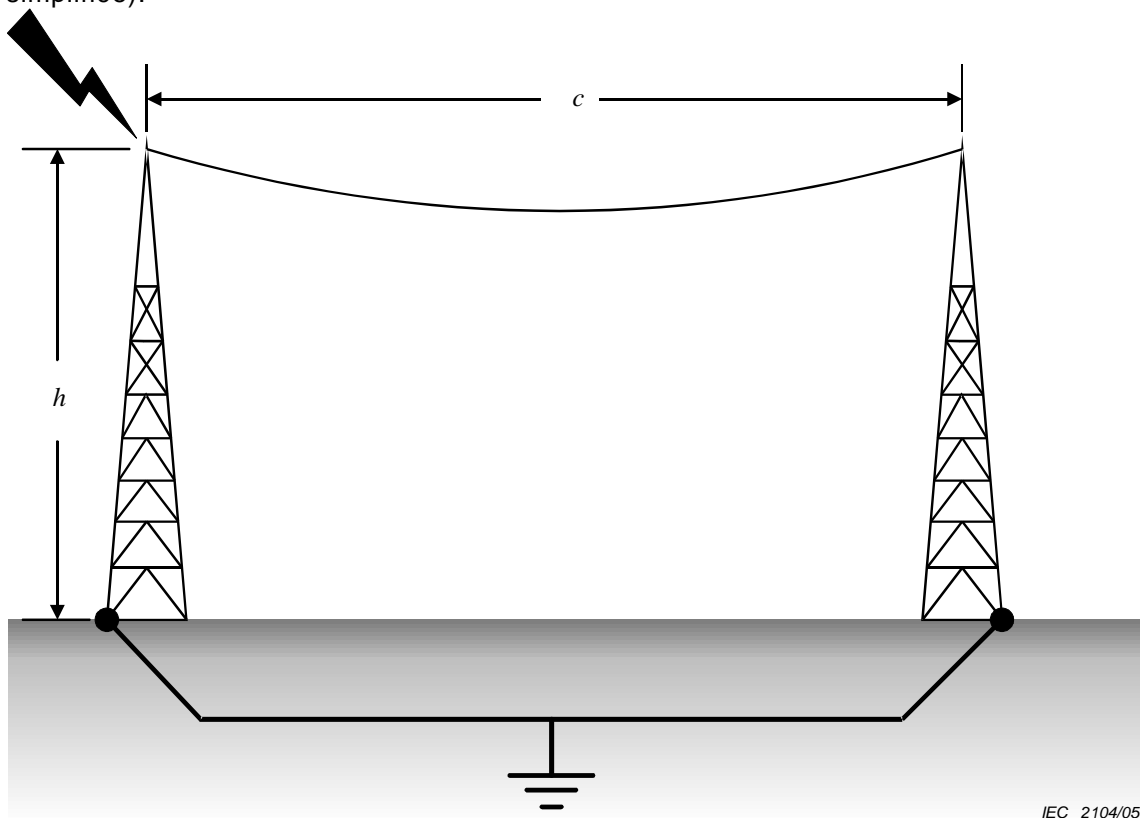
### Evaluation de la distance de séparation $s$

Le coefficient de répartition  $k_c$  du courant de foudre entre les dispositifs de capture/conducteurs de descente dépend du type de réseau de capture, du nombre total  $n$  des conducteurs de descente, de leur position et des conducteurs de ceinturage d'interconnexion, ainsi que du type de réseau de prises de terre.

NOTE 1 La distance de séparation nécessaire dépend de la chute de tension sur le chemin le plus court à partir du point où la distance de séparation doit être prise en considération, jusqu'au point de liaison équipotentielle le plus proche.

NOTE 2 Les informations contenues dans la présente annexe C s'appliquent à toutes les dispositions de prises de terre de type B et de type A, à condition que la résistance de terre des électrodes de terre voisines ne diffère pas de plus d'un facteur de 2. Si les résistances de terre des électrodes de terre simples diffèrent de plus d'un facteur de 2, une valeur  $k_c = 1$  doit être supposée.

Lorsque les dispositifs de capture ou les conducteurs de descente ont la même valeur de courant s'écoulant sur leurs longueurs, les Figures C.1, C.2 et C.3 s'appliquent (voir 6.3.1 : Approche simplifiée).

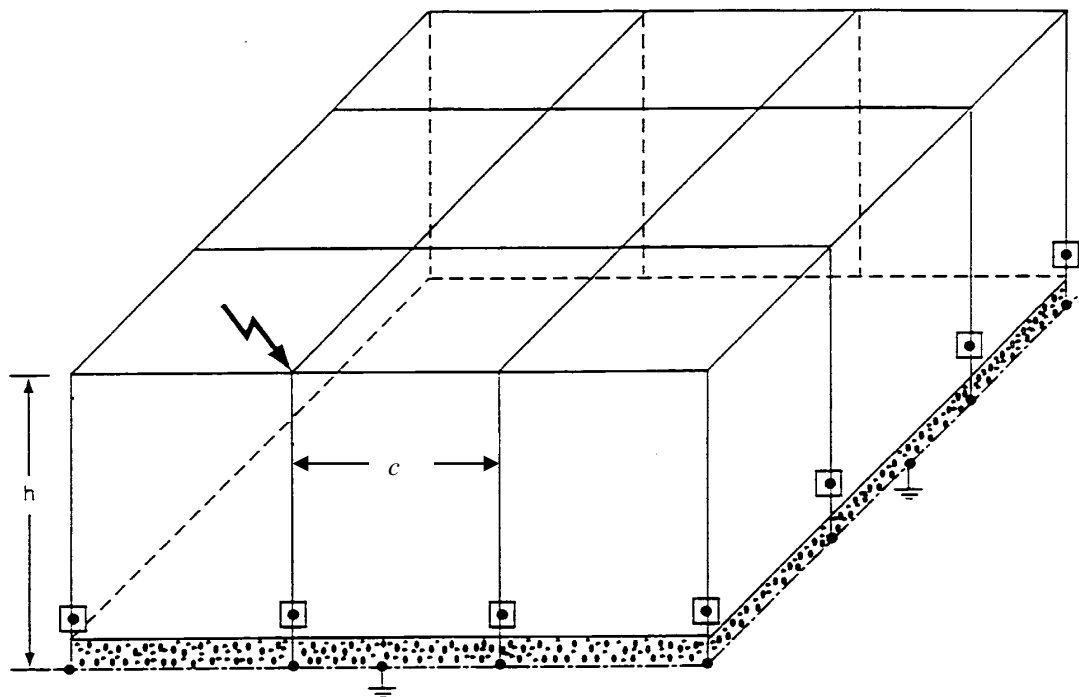


IEC 2104/05

$$k_c = \frac{h + c}{2h + c}$$

**Figure C.1 - Valeurs du coefficient  $k_c$  dans le cas d'un réseau de fils tendus**





$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

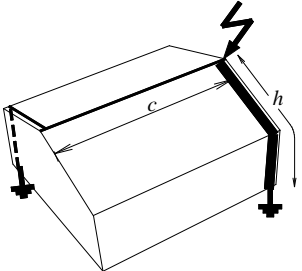
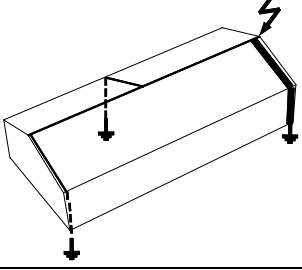
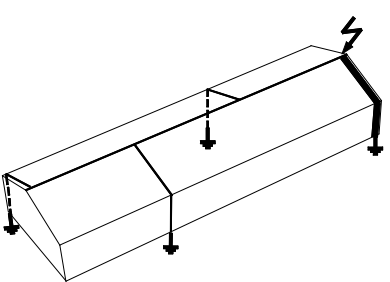
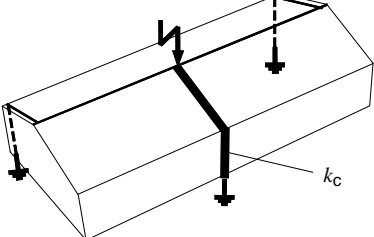
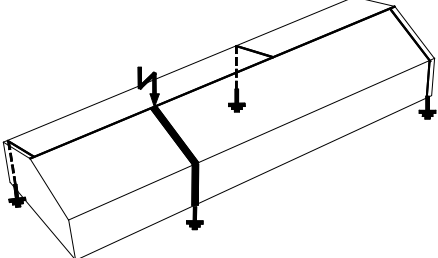
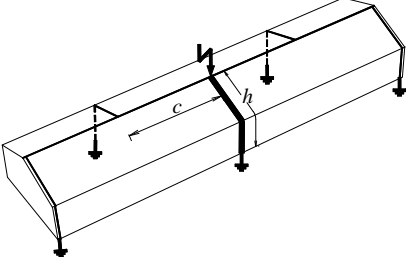
#### Légende

- $n$  nombre total de conducteurs de descente  
 $c$  distance entre deux conducteurs de descente  
 $h$  espacement (ou hauteur) entre conducteurs de ceinturage

NOTE 1 L'équation utilisée pour le calcul de  $k_c$  est une approximation pour des structures cubiques et pour  $n \geq 4$ . Les valeurs de  $h$  et  $c$  sont supposées se situer dans une plage comprise entre 3 m et 20 m.

NOTE 2 Si des conducteurs de descente intérieurs existent, il convient que le nombre  $n$  les prenne en compte.

**Figure C.2 – Valeurs du coefficient  $k_c$  dans le cas d'un réseau à plusieurs conducteurs de descente**

	$\frac{c}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00	
	$k_c$	0,57	0,60	0,66	0,75	
	$k_c$	0,47	0,52	0,62	0,73	<p><math>c</math> Distance par rapport au conducteur de descente le plus proche le long de l'arête</p> <p><math>h</math> Longueur du conducteur de descente entre l'arête et le point de liaison équipotentielle suivant ou le réseau de prises de terre</p>
	$k_c$	0,44	0,50	0,62	0,73	<p>Les valeurs de <math>k_c</math>, indiquées dans le tableau se réfèrent aux conducteurs de descente représentés par un trait gras et un point d'impact</p> <p>L'emplacement du conducteur de descente (à prendre en considération pour <math>k_c</math>) doit être comparé avec la figure représentative du conducteur de descente concerné</p>
	$k_c$	0,40	0,43	0,50	0,60	<p>La relation réelle <math>c/h</math> doit être déterminée. Si cette relation se situe entre deux valeurs des colonnes, <math>k_c</math> peut être déterminé par interpolation</p> <p>NOTE 1 Les conducteurs de descente supplémentaires séparés par une distance supérieure à celle illustrée dans les figures n'ont pas d'influence significative.</p>
	$k_c$	0,35	0,39	0,47	0,59	<p>NOTE 2 Dans le cas de conducteurs de ceinturage d'interconnexion situés au-dessous de l'arête, voir Figure C.4</p>
	$k_c$	0,31	0,35	0,45	0,58	<p>NOTE 3 Les valeurs sont déterminées par simple calcul d'impédances parallèles suivant la formule de la Figure C.1</p>

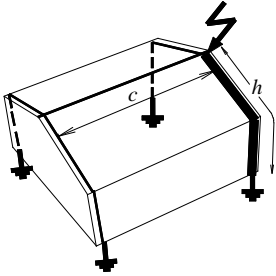
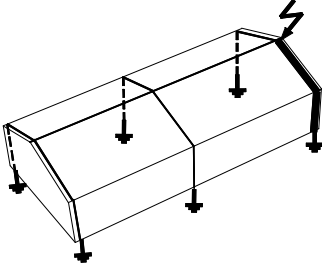
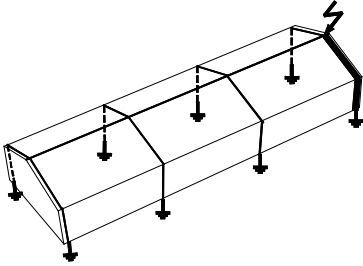
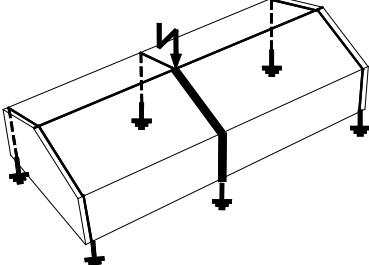
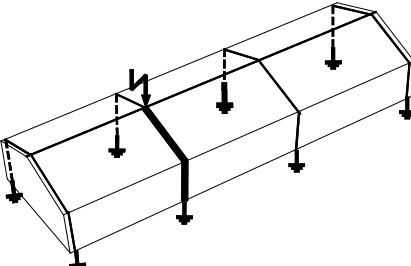
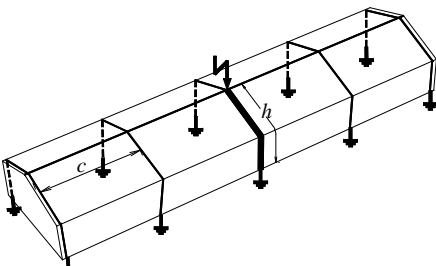
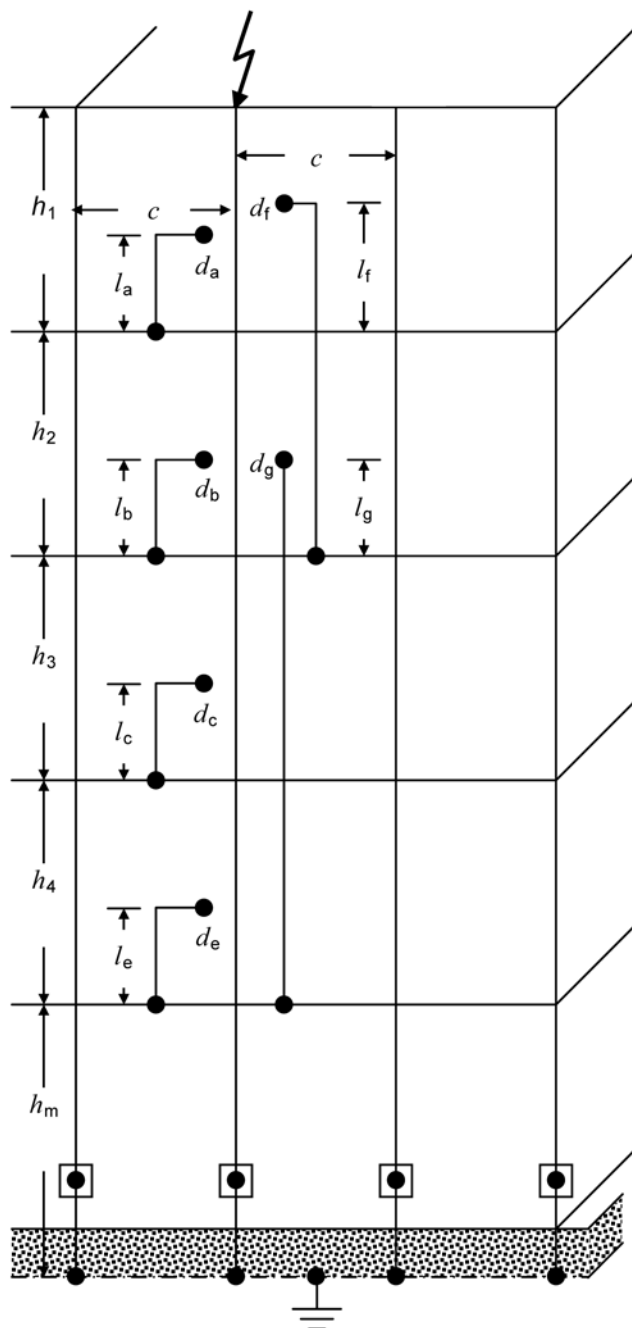
	$\frac{c}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00	
	$k_c$	0,31	0,33	0,37	0,41	
	$k_c$	0,28	0,33	0,37	0,41	$c$ Distance par rapport au conducteur de descente le plus proche le long de l'arête
	$k_c$	0,27	0,33	0,37	0,41	$h$ Longueur du conducteur de descente entre l'arête et le point de liaison équipotentielle suivant ou le réseau de prises de terre  Les valeurs de $k_c$ , indiquées dans le tableau se réfèrent aux conducteurs de descente représentés par un trait gras et un point d'impact
	$k_c$	0,23	0,25	0,30	0,35	NOTE 1 Les conducteurs de descente supplémentaires séparés par une distance supérieure à celle illustrée dans les figures n'ont pas d'influence significative.  NOTE 2 Dans le cas de conducteurs de ceinturage d'interconnexion situés au-dessous de l'arête, voir Figure C.4
	$k_c$	0,21	0,24	0,29	0,35	NOTE 3 Les valeurs sont déterminées par simple calcul d'impédances parallèles suivant la formule de la Figure C.1
	$k_c$	0,20	0,23	0,29	0,35	

Figure C.3 - Valeurs du coefficient  $k_c$  dans le cas d'une toiture en pente avec un dispositif de capture sur l'arête

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a \quad d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b$$

$$d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e \quad d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2) \quad d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h_1}}$$

$$k_{c2} = \frac{1}{n} + 0,1$$

$$k_{c3} = \frac{1}{n} + 0,01$$

$$k_{c4} = \frac{1}{n}$$

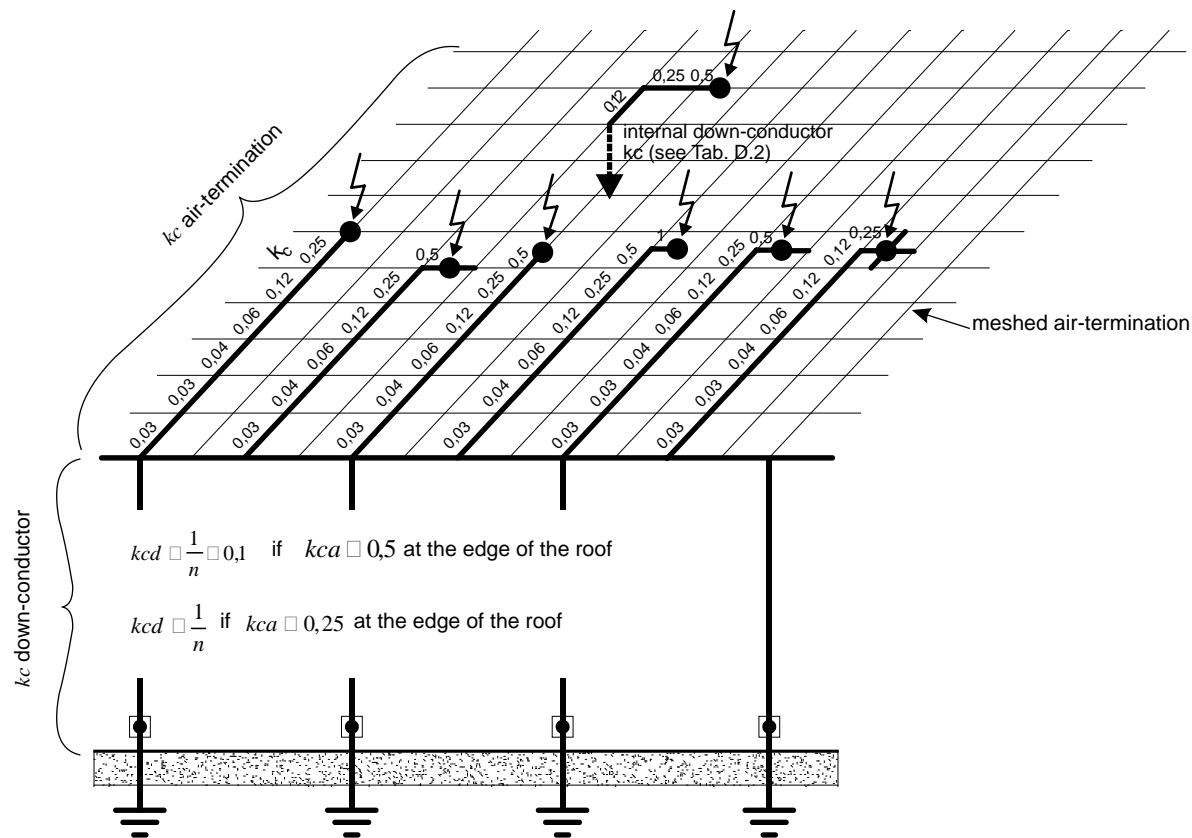
$$k_{cm} = k_{c4} = \frac{1}{n}$$

#### Légende

- $n$  Nombre total de conducteurs de descente
- $c$  Espacement entre les conducteurs de descente
- $h$  Espacement (hauteur) entre les conducteurs de ceinturage
- $m$  Nombre total de niveaux
- $d$  Distance par rapport au conducteur de descente le plus proche
- $l$  Hauteur du point de liaison

**Figure C.4 - Exemples de calcul de la distance de séparation dans le cas de conducteurs de descente multiples, avec ceinturage des conducteurs de descente à chaque niveau**

NOTE Si des conducteurs de descente intérieurs existent, il convient que le nombre  $n$  les prenne en compte.



air-termination	dispositif de capture
internal down-conductor (see Tab.)	conducteur de descente (voir Tab.)
meshed air-termination	dispositif de capture maillé
down-conductor	conducteur de descente
if ... at the edge of the roof	si ... au niveau de l'arête du toit

NOTE 1 Les valeurs de  $k_c$  doivent être prises en considération entre le point d'impact et l'arête du toit. Il n'est pas nécessaire de tenir compte du cheminement entre l'arête du toit et le conducteur de descente. Les valeurs de  $k_c$  le long des conducteurs de descente dépendent de la valeur de  $k_c$  du dispositif de capture connecté au niveau de l'arête du toit.

NOTE 2 Si le nombre de mailles est inférieur à celui présenté ci-dessus, entre le point d'impact et l'arête du toit, seules les valeurs correspondantes de  $k_c$ , en partant du point où la distance de proximité doit être prise en considération, doivent être utilisées.

NOTE 3 Si des conducteurs de descente intérieurs existent, il convient de les prendre en compte pour le calcul du nombre  $n$ .

Figure C.5 - Valeurs du coefficient  $k_c$  dans le cas d'un réseau de capture maillé et d'un réseau de conducteurs de descente multiples (à améliorer si possible)

## **Annexe D** **(normative)**

### **Informations complémentaires concernant les SPF dans le cas de structures avec risque d'explosion**

#### **D.1 Généralités**

La présente annexe spécifie des exigences complémentaires pour la conception, la construction, l'extension et la modification des systèmes de protection contre la foudre de structures avec risque d'explosion.

NOTE 1 Les informations données dans la présente annexe sont fondées sur les configurations éprouvées de systèmes de protection contre la foudre installés dans des applications avec danger d'explosion.

NOTE 2 Des exceptions à l'utilisation d'un niveau de protection contre la foudre de type II peuvent être admises lorsque cela est justifié et autorisé d'un point de vue technique par les autorités compétentes. Par exemple, l'utilisation d'un niveau de protection contre la foudre de type I est admis dans tous les cas, particulièrement pour des environnements ou des contenus à l'intérieur de la structure très sensibles aux effets de la foudre. De plus, les autorités compétentes peuvent choisir d'autoriser des systèmes à niveau de protection contre la foudre de type III lorsque la rareté de l'activité de la foudre et/ou la l'insensibilité des contenus de la structure le permettent.

#### **D.2 Termes et définitions complémentaires**

Outre les termes et définitions de l'Article 3 de la présente norme, les termes et définitions de la CEI 60079-14 et de la CEI 61241-14 sont applicables pour la présente annexe. De plus, les termes et définitions suivants s'appliquent également à la présente annexe.

##### **D.2.1**

##### **matériau explosif massif**

composé chimique massif, mélange ou dispositif dont le but principal ou courant est de fonctionner avec une explosion

##### **D.2.2**

##### **zone 0**

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

[VEI 426-03-03 modifiée]

##### **D.2.3**

##### **zone 1**

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

[VEI 426-03-04 modifiée]

##### **D.2.4**

##### **zone 2**

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

[VEI 426-03-05 modifiée]

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

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

**D.2.5****zone 20**

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

[CEI 61241-10:1997, modifiée]

**D.2.6****zone 21**

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

[CEI 61241-10:1997, modifiée]

**D.2.7****zone 22**

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

[CEI 61241-10:1997]

**D.3 Exigences fondamentales****D.3.1 Généralités**

Le système de protection contre la foudre doit être conçu et installé de manière que, en cas de coup de foudre direct, aucun effet de fusion ou de projection n'apparaisse sauf au point d'impact.

NOTE 1 Les étincelles ou les effets d'impact au point d'impact peuvent également se vérifier. Cet aspect doit être pris en considération dans la détermination des emplacements du dispositif de capture. Les conducteurs de descente doivent être installés de manière que la température d'auto-inflammation donnée par la source de la zone dangereuse relative ne soit pas dépassée dans les applications où il n'est pas possible d'installer les conducteurs de descente à l'extérieur de la zone dangereuse.

NOTE 2 Un impact sur les matériels électriques ne peut être évité dans tous les cas du fait de l'occurrence du coup de foudre.

**D.3.2 Informations requises**

Le concepteur/installateur du système de protection contre la foudre doit disposer des schémas de l'installation ou des installations à protéger, avec les zones où les matériaux explosifs massifs sont manipulés ou stockés, ainsi que les zones dangereuses conformément à la CEI 60079-10 et à la CEI 61241-10, comportant un marquage approprié.

**D.3.3 Mise à la terre**

Une disposition de type B pour le réseau de prises de terre, conformément à 5.4.2.2, est préférable pour tous les systèmes de protection contre la foudre de structures avec risque d'explosion.

NOTE La construction d'une structure peut fournir la boucle à fond de fouille équivalente du conducteur de ceinturage d'une disposition de type B (par exemple, réservoirs métalliques).

La résistance de terre des réseaux de prises de terre pour les structures contenant des matériaux explosifs massifs et des mélanges explosifs doit être la plus faible possible et non supérieure à 10  $\Omega$  pour les dispositions de type A.

**D.3.4 Liaison équipotentielle**

Une liaison équipotentielle commune doit être prévue pour le système de protection contre la foudre conformément à la CEI 62305-3 et pour les installations situées dans des zones avec risque d'explosion conformément à la CEI 60079-10 et à la CEI 61241-3.

## **D.4 Structures contenant des matériaux explosifs massifs**

La conception d'une protection contre la foudre pour les structures contenant des matériaux explosifs massifs doit tenir compte de la sensibilité des matériaux dans les conditions de leur utilisation ou de leur stockage. Par exemple, des matériaux explosifs en vrac non sensibles peuvent ne pas nécessiter de prise en considération autre que celle spécifiée dans la présente annexe. Toutefois, il existe des conditions de matériaux explosifs sensibles pouvant devenir sensibles à la variation rapide des champs électriques et/ou de l'EMF rayonnée. Il peut être nécessaire de spécifier des exigences supplémentaires en termes de liaison ou de blindage pour ce type d'applications.

Pour les structures contenant des matériaux explosifs massifs, une installation extérieure de système de protection contre la foudre isolée (tel que définie en 5.1.2) est recommandée. Les structures complètement entourées d'une tôle métallique d'une épaisseur minimale de 5 mm en acier ou équivalent (7 mm pour les structures en aluminium) peuvent être considérées comme protégées par un dispositif de capture naturel, tel que défini en 5.2.5. Les exigences de mise à la terre spécifiées en 5.4 s'appliquent à ces structures.

NOTE Lorsque des problèmes de points chauds ou d'inflammation peuvent survenir, il doit être vérifié que l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger.

Des parafoires doivent être mis en place comme partie intégrante du système de protection contre la foudre pour tous les sites contenant des matériaux explosifs. Lorsque la pratique le permet, les parafoires doivent être installés à l'extérieur des sites contenant des matériaux explosifs massifs. Les parafoires installés dans des sites contenant des matériaux explosifs exposés ou des poussières explosives doivent être antidéflagrants.

## **D.5 Structures contenant des zones dangereuses**

### **D.5.1 Généralités**

Toutes les parties de l'installation extérieure de système de protection contre la foudre (dispositif de capture et conducteurs de descente) doivent être situées au moins à 1 m d'une zone dangereuse, dans toute la mesure du possible. Lorsque cela n'est pas possible, il convient que les conducteurs passant à l'intérieur d'une zone dangereuse soient de préférence continus ou les connexions doivent être réalisées conformément à 5.5.2.

Lorsqu'une zone dangereuse est directement située sous une couverture métallique pouvant être percée par la foudre (voir 5.2.5), le dispositif de capture doit être prévu conformément aux exigences de 5.2.

#### **D.5.1.1 Protection contre l'explosion**

Les parafoires doivent être installés à l'extérieur de la zone dangereuse lorsque la pratique le permet. Les parafoires placés à l'intérieur de la zone dangereuse doivent être agréés pour la zone dangereuse dans laquelle ils sont installés.

#### **D.5.1.2 Liaison équipotentielle**

Outre les exigences de liaison équipotentielle indiquées en D.3.4, une liaison équipotentielle commune doit être réalisée pour le système de protection contre la foudre conformément aux exigences de la présente norme, de la CEI 60079-14 et de la CEI 61241-14.

Outre les connexions conformes aux Tableaux 7 et 8, les canalisations raccordées de manière à être électriquement conductrices selon 5.3.5 peuvent également être utilisées comme connexions.

Les canalisations métalliques aériennes extérieures aux unités de traitement doivent être reliées à la terre au moins tous les 30 m. Les connexions aux canalisations doivent être telles que, lors du passage du courant de foudre, aucune étincelle ne se produise. Des connexions appropriées aux canalisations se présentent sous la forme de soudures, de boulons, ou de vissage dans les brides. Des connexions réalisées au moyen d'attaches ne sont admises que si, en présence de courants de foudre, la protection contre l'inflammation est démontrée par des essais et des méthodes sont appliquées pour assurer la fiabilité de la connexion. Des soudures doivent être prévues pour la liaison des raccords et des conducteurs de mise à la terre des conteneurs, éléments de construction métalliques, cylindres et réservoirs.



Les connexions de liaison équipotentielle de foudre entre le système de protection contre la foudre et les autres installations/structures/matériels sont effectuées avec l'accord de l'opérateur. Les connexions de liaison équipotentielle de foudre utilisant des éclateurs ne peuvent être réalisées sans l'accord de l'opérateur. De tels dispositifs doivent être appropriés à l'environnement dans lequel ils sont installés.

#### **D.5.2 Structures contenant des zones 2 et 22**

Des structures contenant des zones définies comme zones 2 et 22 peuvent ne pas nécessiter de mesures de protection complémentaires.

Pour des installations métalliques (par exemple, colonnes extérieures, bobines de réactance, conteneurs comportant des zones 2 et 22) dont l'épaisseur et les matériaux satisfont aux exigences du Tableau 3, les règles suivantes s'appliquent :

- les dispositifs de capture et les conducteurs de descente ne sont pas nécessaires ;
- les installations doivent être mises à la terre selon l'Article 5.

#### **D.5.3 Structures contenant des zones 1 et 21**

Pour des structures contenant des zones définies comme zones 1 et 21, les exigences pour les zones 2 et 22 s'appliquent avec les compléments suivants :

- si des éléments isolants sont utilisés dans les canalisations, l'opérateur doit déterminer les mesures de protection. Par exemple, une décharge peut être évitée par l'utilisation d'éclateurs isolants anti-explosifs ;
- les éclateurs d'isolement et les éléments isolants doivent être installés à l'extérieur des zones avec risque d'explosion.

#### **D.5.4 Structures contenant des zones 0 et 20**

Pour des structures contenant des zones définies comme zones 0 et 20, les exigences de D.5.3 s'appliquent, complétées par les recommandations spécifiées dans le présent article selon le cas.

Pour les installations extérieures comportant des zones définies comme zones 0 et 20, les exigences pour les zones 1, 2, 21 et 22 s'appliquent avec les compléments suivants :

- les matériels électriques situés dans les réservoirs de liquides inflammables doivent être appropriés à cet usage. Des mesures de protection contre la foudre doivent être prises selon le type de construction ;
- les conteneurs en acier fermés comportant des zones internes définies comme zones 0 et 20 doivent avoir une épaisseur de paroi d'au moins 5 mm aux points potentiels d'impact de la foudre, à condition que l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger. Dans le cas de parois plus minces, des dispositifs de capture doivent être installés.

### **D.5.5 Applications particulières**

#### **D.5.5.1 Stations de remplissage**

Les canalisations métalliques des stations de remplissage pour automobiles, bateaux, etc. comportant des zones dangereuses doivent être mises à la terre selon l'article 5. Ces canalisations doivent être raccordées avec des constructions et des traverses en acier lorsqu'elles existent (si nécessaire au moyen d'éclateurs d'isolement agréés pour la zone dangereuse dans laquelle elles sont installées), afin de tenir compte des courants de rail, courants vagabonds, fusibles des trains électriques, systèmes de protection cathodique contre la corrosion et analogues.

#### **D.5.5.2 Réservoirs de stockage**

Certains types de structures utilisées pour le stockage de liquides pouvant générer des vapeurs inflammables ou pour le stockage de gaz inflammables sont essentiellement auto-protégés (contenus entièrement dans des enveloppes métalliques continues d'une épaisseur non inférieure à 5 mm en acier ou à 7 mm en aluminium, sans éclateurs) et ne nécessitent pas de protection

complémentaire, à condition que l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger.

De même, les réservoirs et canalisations enterrés ne nécessitent pas l'installation de dispositifs de capture. Les instruments ou les circuits électriques utilisés dans ces matériels doivent être approuvés pour ce service. Des mesures de protection contre la foudre doivent être prises selon le type de construction.

Pour les réservoirs situés dans des parcs de stockage (par exemple, raffineries et dépôts), la mise à la terre de chaque réservoir en un seul point est suffisante. Les réservoirs doivent être interconnectés. Outre les connexions conformes aux Tableaux 7 et 8, les canalisations raccordées de manière à être électriquement conductrices selon 5.3.5 peuvent également être utilisées comme connexions.

NOTE Dans certains pays, des exigences complémentaires peuvent s'appliquer.

Dans le cas de réservoirs à toiture flottante, la toiture flottante doit être effectivement reliée à la coque principale du réservoir. La conception des joints et des dérivations et leur emplacement relatif doivent faire l'objet d'une attention toute particulière de manière que le risque d'inflammation d'un mélange explosif potentiel par une étincelle incendiaire soit réduit au niveau le plus faible possible. Lorsqu'une échelle mobile est fixée, un conducteur souple d'équipotentialité d'une largeur de 35 mm doit être appliqué entre les échelons, entre l'échelle et le sommet du réservoir, et entre l'échelle et la toiture flottante. Lorsqu'une échelle mobile n'est pas fixée sur le réservoir à toiture flottante, un ou plusieurs conducteurs souples d'équipotentialité (en fonction des dimensions du réservoir) d'une largeur de 35 mm, ou équivalent, doivent être appliqués entre la coque du réservoir et la toiture flottante. Les conducteurs d'équipotentialité doivent être disposés de manière à ne pas constituer une boucle entrante. Sur les réservoirs à toiture flottante, des connexions en dérivation multiples doivent être prévues entre la toiture flottante et la coque du réservoir environ tous les 1,5 m sur la périphérie du toit. Le choix des matériaux est fondé sur les exigences relatives au produit et/ou à l'environnement.. D'autres moyens de connexion conductrice appropriée entre la toiture flottante et la coque du réservoir pour les courants pulsés associés aux décharges de foudre ne sont admis que s'ils ont été éprouvés par des essais et que si des méthodes sont appliquées pour assurer la fiabilité de la connexion.

#### **D.5.5.3 Réseau de canalisations**

Il convient de connecter les réseaux de canalisations métalliques aériens, situés à l'intérieur d'une installation de production mais à l'extérieur des unités de traitement, au réseau de mise à la terre tous les 30 m, ou il convient que leur mise à la terre soit effectuée au moyen d'une électrode de terre de surface ou d'une tige de terre. Il convient de ne pas tenir compte des supports isolants des canalisations.

### **D.6 Maintenance et inspection**

Les exigences relatives à l'inspection et à la maintenance des systèmes de protection contre la foudre sont spécifiées à l'Article E.7.

#### **D.6.1 Généralités**

L'efficacité d'un système de protection contre la foudre dépend des méthodes d'installation, de maintenance et d'essai utilisées. Tous les systèmes de protection contre la foudre mis en place et utilisés pour protéger les structures avec risque d'explosion doivent faire l'objet d'une maintenance et d'une inspection appropriées.

#### **D.6.2 Exigences générales**

Un plan de maintenance et d'inspection doit être élaboré pour les systèmes de protection installés. Des directives pour la maintenance du système de protection contre la foudre doivent être fournies ou jointes au programme existant une fois le SPF installé.

Les opérations de maintenance ou d'inspection, ainsi que les essais, ne doivent pas être effectués sous la menace d'un orage.

### **D.6.3 Qualifications**

Seul le personnel qualifié ayant la formation et les compétences nécessaires doit être autorisé à effectuer des opérations de maintenance ou d'inspection, ainsi que des essais, sur le système de protection contre la foudre d'installations comportant des matériaux explosifs.

L'inspection nécessite de faire appel à du personnel qui :

- a) possède les connaissances techniques et comprend les exigences théoriques et pratiques applicables à la mise en oeuvre dans des zones dangereuses, ainsi que pour les matériels et les installations de SPF ;
- b) comprend les exigences relatives aux inspections visuelles et exhaustives, associées aux matériels et installations de SPF mis en place.

NOTE 1 Les compétences et la formation peuvent être définies dans des cadres de formation et d'évaluation nationaux appropriés.

### **D.6.4 Exigences en matière d'inspection**

Pour s'assurer de l'état satisfaisant pérenne des installations, en vue de leur utilisation continue,

- a) des inspections périodiques régulières, et/ou
  - b) une surveillance continue assurée par du personnel qualifié, et
- si nécessaire, des opérations de maintenance doivent être effectuées

Suite à toute opération d'ajustement, de maintenance, de réparation, de remise en état, de modification ou de remplacement, les matériels ou éléments de matériels appropriés concernés doivent faire l'objet d'une inspection.

#### **D.6.4.1 Inspections périodiques régulières**

Le personnel chargé des inspections périodiques régulières ne doit pas être influencé par les exigences liées aux activités de maintenance, par exemple, pour ne pas remettre en cause leur aptitude à rendre compte avec fiabilité des résultats de l'inspection effectuée.

NOTE 2 Il n'est pas nécessaire que ce personnel soit membre d'un organisme indépendant externe.

#### **D.6.4.2 Concept de surveillance continue par du personnel qualifié**

La surveillance continue a pour objectif de permettre une détection précoce des défauts constatés et leur réparation ultérieure. Cette surveillance repose sur le personnel qualifié effectif présent sur le site de l'installation dans le cadre de son activité normale (par exemple, travaux de montage et d'assemblage, modifications, inspections, travaux de maintenance, contrôle des défauts, travaux de nettoyage, contrôles divers, réalisation de connexions et de déconnexions par bornes, essais de fonctionnement, mesures) et dont les compétences lui permettent de détecter les défauts et modifications dès l'origine.

Lorsqu'une installation fait l'objet d'une inspection régulière, dans le cadre de l'activité normale, par du personnel qualifié qui, outre le fait de satisfaire aux exigences de a) et b) de D.6.3,

- a) est conscient des conséquences du processus et de l'environnement sur la détérioration des matériels spécifiques de l'installation concernée, et
- b) doit effectuer des inspections visuelles et/ou exhaustives dans le cadre de son programme normal de travail, ainsi que des inspections détaillées,

il est possible de ne pas effectuer d'inspection périodique régulière et de faire appel au personnel qualifié, dont la présence est régulière, pour assurer l'intégrité permanente des matériels.

Le recours à une surveillance continue par du personnel qualifié ne libère pas de l'obligation de satisfaire aux exigences d'effectuer des inspections initiales et par échantillonnage.

### **D.6.5 Exigences relatives aux essais électriques**

Le système de protection contre la foudre doit faire l'objet d'essais électriques

- a) tous les 12 (+2) mois ou

b) la prévision précise d'une fréquence d'inspection périodique appropriée représente une question complexe. Le degré d'inspection et l'intervalle entre les inspections périodiques doivent être déterminés compte tenu du type de matériels, des recommandations du fabricant, le cas échéant, des facteurs régissant leur détérioration et des résultats des inspections antérieures.

Lorsque des degrés et des intervalles d'inspection ont été établis pour des matériels, installations et environnements similaires, la détermination de la stratégie d'inspection doit tenir compte de cette expérience.

L'intervalle entre les inspections périodiques ne doit pas dépasser trois ans sans consulter un ou plusieurs spécialistes.

Il convient que les intervalles entre les inspections périodiques dépassant trois ans soient fondés sur une évaluation qui inclut des informations pertinentes.

L'intervalle d'inspection ne doit pas dépasser trois ans sans consulter un ou plusieurs spécialistes.

Il convient d'effectuer les opérations de maintenance et d'inspection du système de protection contre la foudre conjointement aux opérations de maintenance et d'inspection de toutes les autres installations électriques situées dans des zones dangereuses. Elles doivent par ailleurs être intégrées au programme de maintenance.

Les instruments utilisés pour les essais doivent être conformes à la CEI 61557-4.

La résistance CC de tout objet simple relié au système de protection contre la foudre ne doit pas être supérieure à 0,2 ohm.

L'essai doit être effectué conformément aux instructions appropriées du fabricant du matériel d'essai.

L'essai doit être effectué par du personnel habitué aux essais des systèmes de protection contre la foudre.

#### **D.6.6 Méthodes d'essai de résistance de terre**

Seuls les instruments conçus spécialement pour les essais de résistance de terre doivent pouvoir être utilisés dans cette application.

Les instruments d'essai doivent faire l'objet d'un entretien et d'un étalonnage appropriés, conformément aux instructions du fabricant.

Une méthode d'essai de résistance de terre à trois points doit si possible être utilisée pour mesurer la résistance de terre des installations explosives.

#### **D.6.7 Protection contre les tensions de choc**

Les parafoudres (et leurs sectionneurs externes lorsqu'ils sont fournis) doivent faire l'objet d'une inspection conformément aux instructions du fabricant à des intervalles maximum de 12 mois ou lorsque des essais électriques du SPF sont effectués. Les parafoudres doivent également faire l'objet d'une inspection après tout coup de foudre ayant prétendument frappé la structure.

#### **D.6.8 Réparations**

Le personnel de maintenance doit veiller à ce que les réparations de toutes les anomalies constatées lors des inspections soient effectuées dans un délai acceptable.

#### **D.6.9 Enregistrements et documentation**

Toute indication de dommage engendré par un coup de foudre à une structure ou à son SPF doit être immédiatement documentée et consignée dans un rapport.

Des historiques des opérations de maintenance et d'inspection doivent être tenus à jour pour chaque installation en vue d'une analyse des tendances.