

Annexe 4
Dimensionnement des besoins en eau (D9)
et en confinement (D9A)

I. DIMENSIONNEMENT DES BESOINS EN EAU (D9)

I.1. CALCUL DES BESOINS EN EAU

Le dimensionnement des besoins en eau nécessaires à la défense extérieure contre l'incendie est réalisé au moyen du document technique D9 rédigé par le CNPP, version juin 2020.

L'application de ce document au projet porté par la société TRANSPORTS BREGER est synthétisée dans le tableau pour la configuration la plus pénalisante (cellule 1 disposant d'une surface plus importante).

CRITÈRES	COEFFICIENTS ADDITIONNELS	COEFFICIENTS RETENUS	COMMENTAIRES / JUSTIFICATION
		Stockage	
Hauteur de stockage			
- Jusqu'à 3 m	0	+ 0,2	Hauteur de stockage maximale : 10 m
- Jusqu'à 8 m	+ 0,1		
- Jusqu'à 12 m	+ 0,2		
- Jusqu'à 30 m	+ 0,5		
- Jusqu'à 40 m	+ 0,7		
- Au-delà de 40 m	+ 0,8		
Type de construction			
- Résistance mécanique de l'ossature \geq R 60	- 0,1	- 0,1	Poteaux béton R60 + charpente R60
- Résistance mécanique de l'ossature \geq R 30	0		
- Résistance mécanique de l'ossature $<$ R 30	+ 0,1		
Matériaux aggravants			
Présence d'au moins un matériau aggravant	+ 0,1	+ 0,1	Panneaux photovoltaïques
Types d'interventions internes			
- accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée)	- 0,1	- 0,1	DAI généralisée
- DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels	- 0,1		
- Service de sécurité incendie ou équipe de seconde intervention avec moyens appropriés en mesure d'intervenir 24h/24	- 0,3		
Σ coefficients		+ 0,1	
1 + Σ coefficients		1,1	
Surface de référence (S en m²)	2956	2956	
Qi = 30 x S / 500 x (1 + Σ Coef)		195,096	
Catégorie de risque		Risque 2	Fascicule R16 : entrepôts, docks, magasins publics, magasins généraux
Risque faible : QRF = Qi x 0,5			
Risque 1 : Q1 = Qi x 1		292,644	
Risque 2 : Q2 = Qi x 1,5			
Risque 3 : Q3 = Qi x 2			
Risque protégé par une installation d'extinction automatique à eau : QRF, Q1, Q2 ou Q3 \div 2		Non	
		292,644	
Débit calculé (Q en m³/h)		292,644	
Débit retenu (Q en m³/h)		300	arrondi au multiple de 30 le plus proche

Tableau 3 : Calcul des besoins en eaux d'extinctions (D9)

Le besoin ainsi calculé est de 300 m³/h. Ce débit pour 2 heures représentera un volume de 600 m³.

I.2. MOYENS DE DEFENSE INCENDIE

Le besoin calculé sera assuré par :

- Une réserve aérienne (bâche incendie) d'un volume de 360 m³ associée à 3 aires de stationnement
- Une réserve aérienne d'un volume de 240 m³ associée à 2 aires de stationnement

L'établissement disposera ainsi de 600 m³ d'eau sur deux heures.

La position de ces moyens permettra que chaque cellule disposera d'un accès localisé à moins de 100 m d'un point d'eau. Ces deux points d'eau seront localisés à moins de 150 m entre eux.

La localisation des moyens de défense incendie prévus sur le site est présentée au sein de la pièce jointe n°20.

II. DIMENSIONNEMENT DES BESOINS EN CONFINEMENT (D9A)

Le dimensionnement du volume nécessaire au confinement d'éventuelles eaux d'extinction d'un incendie est réalisé au moyen du document technique D9A rédigé par le CNPP, version juin 2020.

L'application de ce document au projet porté par la société TRANSPORTS BREGER est synthétisée dans le tableau suivant pour une durée de 2 heures :

Besoins pour la lutte extérieure		Résultat D9 x 2 heures	600
		+	+
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleurs	Volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maxi de fonctionnement	0
		+	+
	Rideau d'eau	Besoins x 90 min	0
		+	+
	RIA	A négliger	0
		+	+
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage (en général 15-25 mn)	
		+	+
	Brouillard d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis	0
		+	+
	Colonne humide	Débit x temps de fonctionnement requis	0
		+	+
Volumes d'eau liés aux intempéries		10 l/m ² de surface de drainage	113
		+	+
Présence stock de liquides		20 % du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	20
		=	=
Volume total de liquide à mettre en rétention (m³)			733

Tableau 4: Dimensionnement des besoins de confinement des eaux d'extinction (D9A) pour une durée de 2 heures

Note 1 : Le volume d'eau lié aux intempéries retenue est 113 m³. Il s'agit d'un volume d'eau pluviales lié aux surfaces imperméabilisées associées aux surfaces de voiries lourdes et légères, aux aires de mise à quais, au bâtiment ainsi qu'à la surface du bassin étanche, soit 11 277 m².

Note 2 : L'entrepôt stockera au maximum 100 m³ de produits liquides par cellules.

Le volume minimal nécessaire au confinement d'éventuelles eaux d'extinction d'un incendie est ainsi estimé à environ 733 m³.

Les eaux d'extinction seront confinées au sein du bassin étanche qui disposera d'une capacité utile de 740 m³, en adéquation avec le besoin de confinement.

Annexe 5
Analyse du Risque Foudre et Etude Technique



ETUDE TECHNIQUE Foudre

ENTREPÔT DE STOCKAGE VARS (16)



ENTREPÔT DE STOCKAGE VARS (16)

Référence document
RGC 29 411

RESUME :

Ce document représente l'Etude Technique Foudre de l'**ENTREPÔT DE STOCKAGE** en projet sur la commune de **VARS** dans le département de la **Charente (16)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **ICE CONSEIL** dans le cadre de la prévention et de la protection contre le risque foudre.

L'objectif est de rendre les installations ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

Il comprend : l'Etude Technique des spécifications de la protection contre les effets directs et indirects de la foudre, les mesures de prévention, ainsi qu'un tableau de synthèse des actions à entreprendre, qu'elles soient obligatoires ou optionnelles.

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : Nicolas ALNET Société : RG Consultant Date : 15/11/2023 Visa 	Nom : Martin GOIFFON Société : RG CONSULTANT Date : 20/11/2023 	A

DIFFUSION :

ICE CONSEIL 4 Impasse du Raquer 56610 ARRADON Email : contact@ice-conseil.fr www.ice-conseil.fr	RG CONSULTANT Arc Atlantique 8 rue Jean Jaurès 35000 Rennes Tél. : +332 30 02 79 98 Fax : +334 72 30 13 36 Email : info@rg-consultant.com	RG CONSULTANT 333 cours du 3ème Millénaire 69800 SAINT-PRIEST Bâtiment Le Pôle – 2ème étage Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 info@rg-consultant.com www.rg-consultant.com
--	---	--

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 29 411	15/11/2023	Etude Technique Foudre

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR ICE CONSEIL

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Non	
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	Rubrique 1510
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Non / Oui	
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	664_PC302-MASSE PROJET 664_PC302-Plan d'étage-Plan RDC
Plan de coupe	Oui	664_PC302-Coupe-Coupe 1 664_PC302-Coupe-Coupe 2 664_PC302-Coupe-Coupe 3 664_PC302-Coupe Bureaux_A3 100
Plan des façades	Non	
Plan de zonage ATEX	Non	
Analyse de Risque Foudre	Oui	RGC 29 410

Tableau 1 : Liste des documents

L'Etude Technique ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **ICE CONSEIL**, commanditaire de cette étude. En conséquence, la responsabilité de RG Consultant ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations fournies se révèlent incomplètes ou inexactes,
- La non-présentation de certaines installations ou process,
- La présentation de l'entreprise est effectuée dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement,
- Des changements majeurs sont effectués postérieurement à la rédaction de ce document.

Enfin, il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
1.1 OBJET	5
1.2 PRESENTATION GENERALE DU SITE	6
2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES	9
2.1 TEXTES REGLEMENTAIRES	9
2.2 NORMES DE REFERENCES	9
3. MÉTHODOLOGIE.....	10
3.1 PRESENTATION GENERALE	10
3.2 LIMITE DE L'ÉTUDE TECHNIQUE.....	10
4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre	11
4.1 SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (SPF)	11
4.2 MESURES DE PREVENTION EN CAS D'ORAGE	11
5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS.....	12
5.1 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS	12
5.1.1 Réseau Normal.....	12
5.1.2 Réseau Secouru	12
5.1.3 Réseau Ondulé	12
5.1.4 Réseau photovoltaïque	12
5.2 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES	13
5.3 PROTECTION INCENDIE	13
5.4 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS.....	13
5.5 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES.....	13
5.6 SITUATIONS REGLEMENTAIRES	14
5.7 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION	14
5.8 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES.....	15
6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA Foudre	16
6.1 DISPOSITIONS GENERALES	16
6.2 DIFFERENTS TYPES D'I.E.P.F.....	16
6.3 CHOIX DU TYPE D'I.E.P.F.....	19
6.4 MISE EN ŒUVRE DE L'I.E.P.F.....	19
6.4.1 Bâtiment Entrepôt de stockage BREGER.....	19
6.4.2 Dispositifs de descente et mise à la terre	21
6.5 MISE A LA TERRE DES CANALISATIONS	28
6.5.1 Mise à la terre des panneaux photovoltaïques	30
7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre	33
7.1 PARAFoudRES SUR INSTALLATIONS PV	35
7.1.1 Installation photovoltaïque sans installation extérieure de protection contre la foudre	36
7.1.2 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure de protection foudre avec maintien de la distance de séparation (à l'exclusion des systèmes solaires mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques).....	37
7.1.3 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre	37

lorsque la distance de séparation ne peut être maintenue (y compris les systèmes mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques) 38

7.1.4 Parafoudres photovoltaïques courant faible..... 38

7.1.5 Principe de raccordement des parafoudres courant fort dans une installation PV..... 39

7.2 PROTECTION DES COURANTS FORTS..... 40

7.2.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II..... 40

7.2.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II 42

7.2.3 Raccordement 44

7.2.4 Dispositif de deconnexion 44

7.3 PROTECTION DES LIGNES DE TELECOMMUNICATION 46

7.3.1 Protection par parafoudre 46

8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX 47

9. REALISATION DES TRAVAUX 48

10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS 48

10.1 VERIFICATION INITIALE..... 48

10.2 VERIFICATIONS PERIODIQUES 49

10.3 VERIFICATIONS SUPPLEMENTAIRES 49

11. TABLEAU DE SYNTHESE 50

ANNEXES

Annexe 1 : Note de calcul de la distance de séparation

Annexe 2 : Notice de Vérification et de Maintenance

Annexe 3 : Lexique

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Dans le cadre de la création pour le compte de la société **BREGER**, d'un **Entrepôt Logistique** basé sur la commune de **VARIS**, une Etude Technique est réalisée.

Le site est soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est donc concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

L'Etude Technique, objet de ce document, est menée sur la base des résultats de l'Analyse du Risque Foudre réalisée par **RG CONSULTANT**, détaillés dans le rapport **RGC 29 410**.

L'objectif de l'Etude Technique est de détailler les mesures de protection à mettre en œuvre qu'elles soient contre les effets directs (IEPF) ou indirects (IIPF) à savoir :

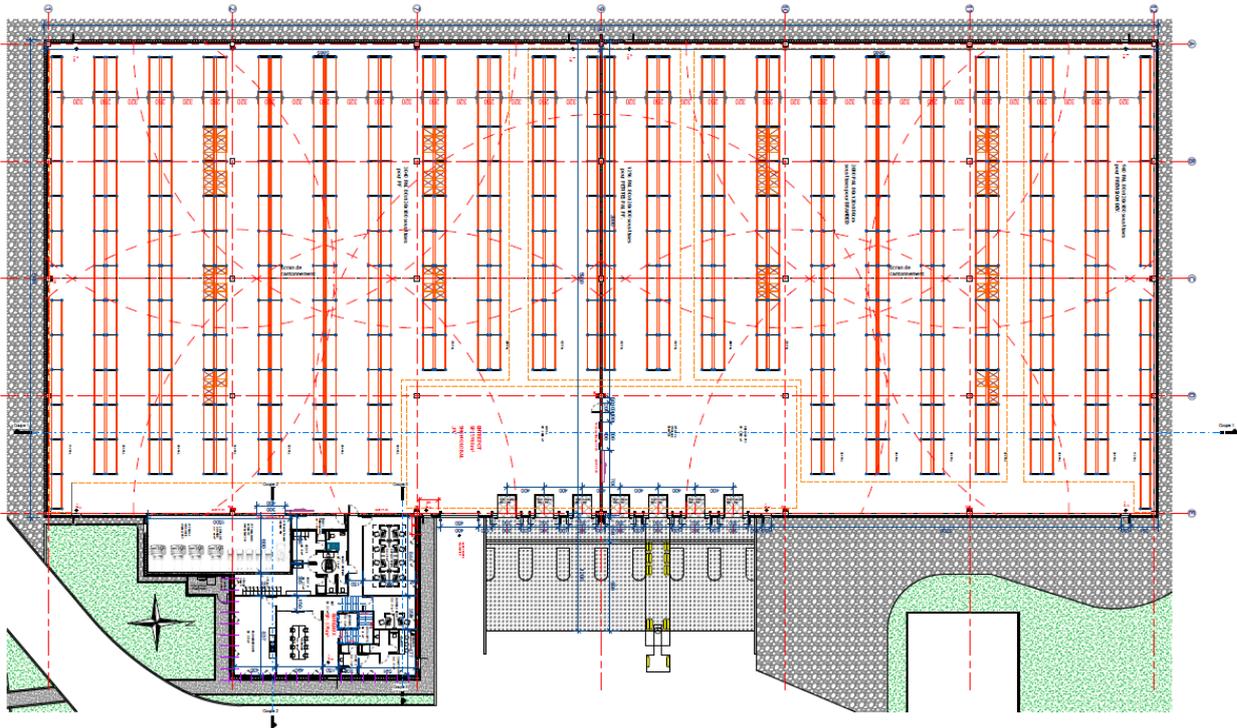
- Description des méthodes de conception utilisées pour les IEPF ;
- Préconisation des mesures de protection à mettre en œuvre en proposant les solutions les mieux adaptées et les plus rationnelles ;
- Description des protections internes (liaisons équipotentielle, parafoudres) ;
- Description des mesures de prévention à mettre en place en cas d'orage.

1.2 Présentation générale du site

La société **BREGER** projette de réaliser un Entrepôt de Stockage, à l'adresse Les Coteaux de la Touche, sur la commune de **VARS (16)**.



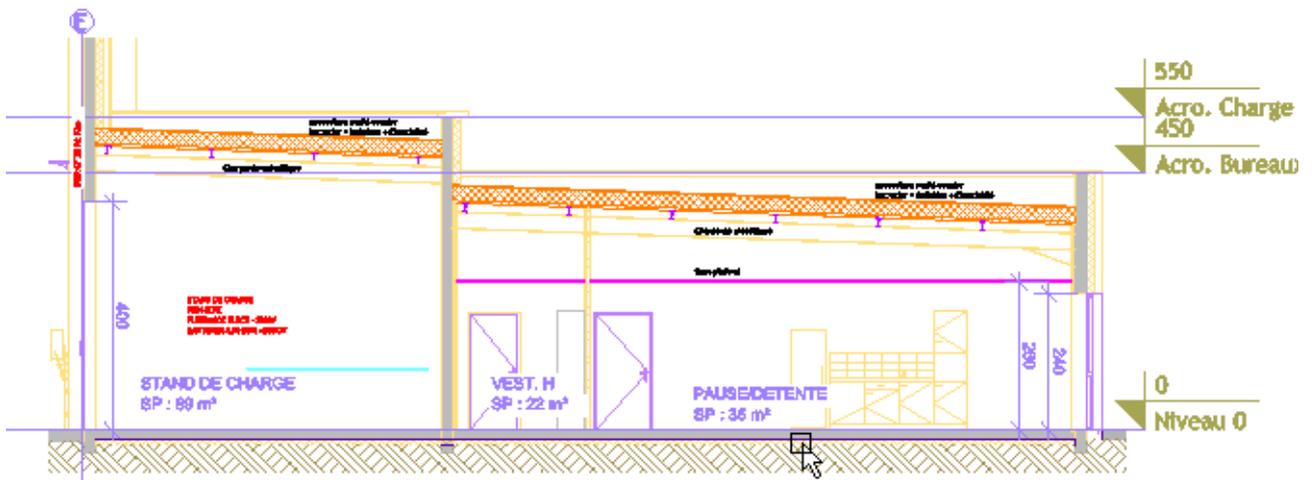
Plan 1 : Plan de masse du projet



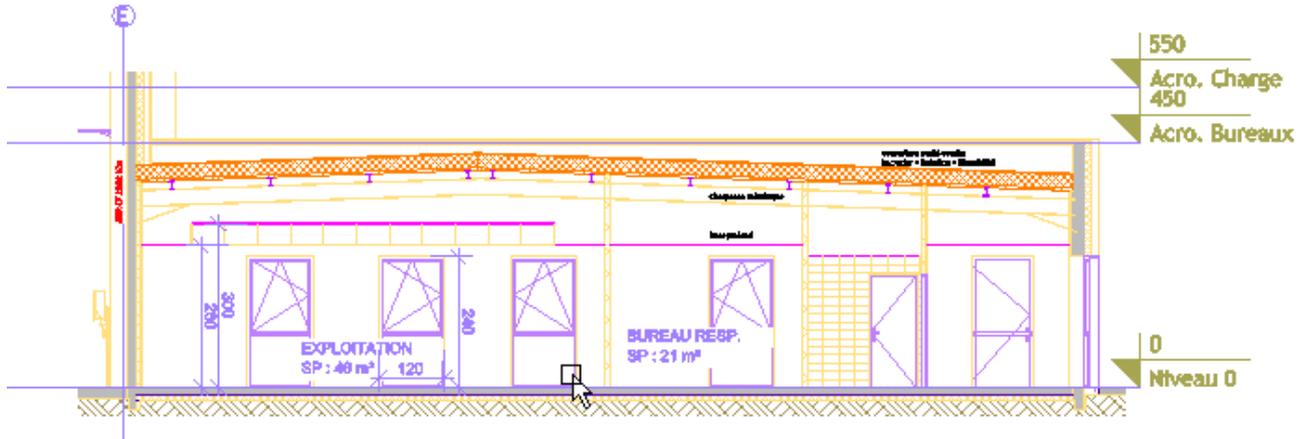
Plan 2 : Plan RDC



Plan 3 : Coupe 1



Plan 4 : Coupe 2 Bureaux



Plan 5 : Coupe 3 Bureaux

2. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES

2.1 Textes réglementaires

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

2.2 Normes de références

NF EN 62 305-1 (C 17-100-1) – Novembre 2013 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

NF EN 62 305-2 (C 17-100-2) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

NF EN 62 305-3 (C 17-100-3) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

NF EN 62 305-4 (C 17-100-4) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

NF C 17-102 – septembre 2011 [Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage].

NF C 15-100 – octobre 2010 [Installations électriques basse tension].

Guide UTE C 15-443 – août 2004 [Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres].

NF EN 61 643-11 – mai 2014 [Parafoudres pour installation basse tension].

NF EN 61 643-12 – Parafoudres BT

NF EN 61 643-21 – novembre 2001 [Parafoudres BT]

NF EN 61 643-21_A1 – juin 2009 [Parafoudres BT]

NF EN 61 643-21_A2 – juillet 2013 [Parafoudres BT]

CEI 61 643-22 – novembre 2004 [Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application].

NF EN 62561-1/2/3/4/5/6/7 – Composants de système de protection contre la foudre (CSPF)

Guide UTE C 15-712 - Juillet 2010 [Installations photovoltaïques]

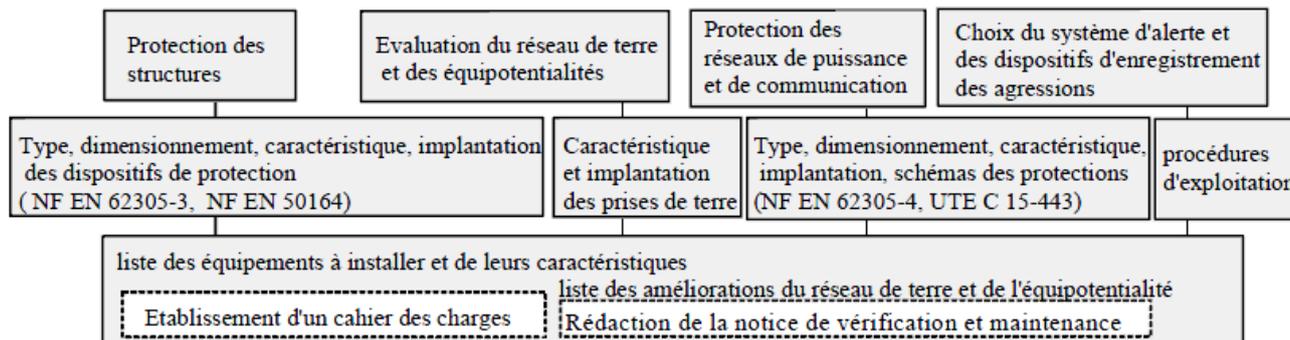
NF EN 61 643-32 – mai 2017 [Parafoudres pour installation photovoltaïque].

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Étude Technique doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

Selon l'ARF **Etude technique du système de protection**



3.2 Limite de l'Étude Technique

L'Étude Technique réglementaire, traitée dans le présent document, ne concerne que le risque de type R1 (perte de vie humaine).

Elle ne concerne pas :

- **les risques de dommages aux matériels électriques et électroniques** qui ne mettent pas en danger la vie humaine,
- **les risques de pertes de valeurs économiques (risque R4),**
- **les risques d'impact** relatifs à un dommage physique (incendie/explosion).

Pour ces derniers risques, l'exploitant peut décider de façon purement volontaire d'aller au-delà des exigences réglementaires et mener des analyses de risque foudre complémentaires, voire de protéger une installation de façon déterministe.

4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

4.1 Système de protection contre la foudre (SPF)

- Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

Structure	Protection effets directs	Protection effets indirects
Entrepôt de Stockage	Protection de niveau IV	Protection de niveau IV

Tableau 2: Synthèse des protections foudre

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

Structure	Organes de sécurité
Entrepôt de Stockage	Centrale de détection incendie
	Surpresseur Incendie

Tableau 3: Synthèse des MMR

- Des liaisons équipotentielles sont à prévoir pour les canalisations suivantes (si métalliques):

Zone	Nom
Entrepôt de Stockage	Canalisations Eaux Pluviales
	Canalisations CVC

Tableau 4: Synthèse des liaisons équipotentielles à prévoir

4.2 Mesures de prévention en cas d'orage

Prévention : L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'un système de détection d'orages. Néanmoins, A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS

5.1 Caractéristiques des courants forts

5.1.1 Réseau Normal

Le bâtiment sera alimenté au travers un travers un TGBT situé dans la zone de locaux technique et bureaux. Le TGBT étant alimenté depuis le réseau Enedis.

Le régime de neutre 410 V ne nous a pas été communiqué. Nous retenons par hypothèse un régime de neutre TT.

5.1.2 Réseau Secouru

Le bâtiment est dépourvu de système de secours électrique de type groupe électrogène de sécurité.

5.1.3 Réseau Ondulé

Le bâtiment dispose d'un réseau ondulé sécurisant une partie des installations électriques du site. Les onduleurs étant situés dans le local TGBT / Onduleurs.

5.1.4 Réseau photovoltaïque

Le bâtiment accueillera en toiture des installations photovoltaïques, composés de 1 382 modules pour une puissance de 615 kwp.



Plan 6 : Plan de principe de l'installation photovoltaïque

5.2 Caractéristiques des courants faibles

Le bâtiment sera raccordé aux réseaux téléphonique et informatique du site via :

- Une rocade fibre optique, pour la téléphonie et l'informatique.

Ce réseau arrivera dans le local Informatique du projet (Au milieu des bureaux). Sur le site, l'informatique et la gestion du process sont réalisées aux travers, différentes baies VDI, reliées entre elles par fibre optique et assurant en local le dispatching vers les équipements (Automates, ordinateurs...) par réseaux cuivre.

La fibre n'étant pas impactable par la foudre cette ligne ne sera donc pas prise en compte dans cette étude.

Il ne nous a pas été indiqué de ligne cuivre sortant du bâtiment.

5.3 Protection incendie

Le site sera doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- RIA,
- Borne Incendie,
- 2 Citernes Incendies
- Désenfumage,
- Détection incendie, détecteur de fumée, avertisseurs sonores, déclencheurs manuels et automatiques...
- Centrale de détection incendie,
- Murs coupe-feu REI 120 entre zones de stockage,
- Ecran de cantonnement.

5.4 Mise à la terre des installations

Le site possèdera un réseau de mise à la terre par boucle à fond de fouille, avec remonté dans les locaux électriques. La section du réseau n'est pas déterminée à ce stade de l'étude.

Un conducteur de liaison équipotentielle sera réalisé pour l'interconnexion et la continuité de terre des cheminements principaux du bâtiment pour les chemins de câbles par un câble en cuivre nu. Ce réseau permettant l'interconnexion des armoires et coffrets électriques de distribution et canalisations métalliques.

Des liaisons équipotentielles supplémentaires seront installées entre les conducteurs de liaison équipotentielles principaux, et toutes les masses métalliques de l'installation.

5.5 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Nature	Mise à la terre
Entrepôt de Stockage	Canalisations Eaux Usées	PVC, Béton	Non concerné
	Canalisations Eaux Pluviales	Métallique ou PVC	Non
	Canalisations AEP	PER	Non concerné
	Canalisations RIA	PEHD en souterrain	Non concerné
	Canalisations CVC	Métallique	Non

Source : Selon Retour d'expérience.

Tableau 5 : Canalisations

5.6 Situations Règlementaires

Les activités Classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont les suivantes :

Rubrique	Désignation de la rubrique	Régime
1510	Entrepôts couverts...	Non communiqué
2925	Accumulateurs (ateliers de charge d').	Non communiqué

Tableau 6 : Rubriques ICPE

Certaines de ces rubriques sont visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié. Les installations qui les concernent sont donc soumises au respect des prescriptions de cet arrêté ministériel.

5.7 Zones à risques d'explosion

Il ne nous a pas été indiqué de zone ATEX sur le bâtiment de stockage, les locaux de charge sont équipés d'un système d'extraction d'air forcé asservit à une détection d'hydrogène et contrôlant la charge des batteries. En cas d'alarme ou de défaut sur le système de ventilation, la charge de batterie est impossible.

Pour rappel, suivant la norme NF EN 62 305 :

- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 1 ou 21 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie élevé,
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 2 ou 22 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie faible, sauf si la charge calorifique du bâtiment, indique un risque d'incendie supérieur.
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 0 ou 20, le risque d'explosion est retenu, sauf si la zone est contenue dans une structure métallique d'épaisseur conforme à la NF EN 62305-3, ou si la zone ne peut être rencontrée à l'extérieur des installations. (Zone ne pouvant être directement impactable par la foudre)

Pour le site, il ne sera donc pas retenu de risque ATEX sur les locaux étudiés.

5.8 Mesures de maîtrise des risques

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte. La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
Extincteur	Non
RIA	Non
Surpresseur RIA	Oui
Centrale de détection incendie	Oui
Centrale de détection gaz (Locaux de charge)	Non (Sécurité positive. Coupure de la charge en cas de détection ou arrêt de la ventilation forcée)

Tableau 7 : Liste des équipements de sécurité

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le Maître d'ouvrage.

6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA Foudre

6.1 Dispositions générales

Son rôle est :

- D'intercepter les courants de foudre directs.
- De conduire les courants de foudre vers la terre.
- De disperser les courants de foudre dans la terre.

On détermine 2 types de protection : **isolée** et **non isolée**.

Dans une IEPF **isolée**, les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière à ce que le trajet du courant de foudre maintienne une distance de séparation adéquate pour éviter les étincelles dangereuses (dans le cas de parois combustibles, de risque d'explosion et d'incendie, de contenus sensibles aux champs électromagnétiques de foudre).

Dans une IEPF **non isolée**, les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière à ce que le trajet du courant de foudre puisse être en contact avec la structure à protéger, ce qui est le cas pour la majorité des bâtiments.

6.2 Différents types d'I.E.P.F

Pour le système de capture, deux types de solutions peuvent être envisagés :

- La **protection par système passif** (norme NF EN 62305-3) consistant à répartir sur le bâtiment à protéger : des dispositifs de capture à faible rayon de couverture, des conducteurs de descente et des prises de terre foudre.

Ils peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :

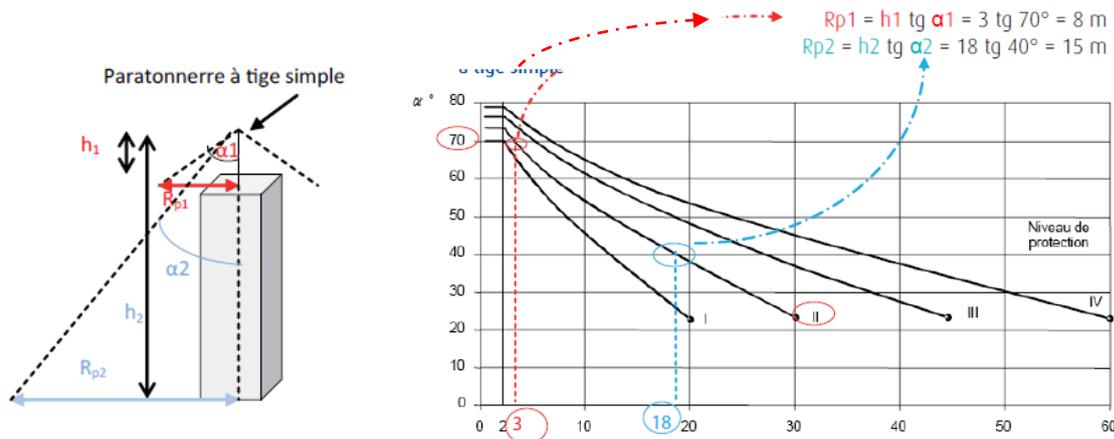
- Tiges simples,
- Fils tendus,
- Cages maillées et/ou composants naturels...

Ces composants doivent être installés aux coins, aux points exposés et sur les rebords suivant 3 méthodes :

- **Tiges simples**

Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges simples, en partie haute des structures à protéger.

L'angle de protection concernant la zone protégée par ces tiges dépend du niveau de protection requis sur le bâtiment concerné et de la hauteur du dispositif de capture au-dessus du volume à protéger.



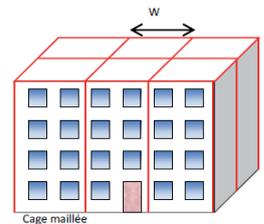
Détermination de l'angle de protection en fonction de la hauteur de la tige du paratonnerre et du niveau de protection

○ **Cages maillées**

La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.

Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.

La largeur des mailles en toiture et la distance moyenne entre deux descentes dépendent du niveau de protection requis sur le bâtiment.



Niveau de protection Issu de l'ARF	Taille des mailles	Distances typiques entre les conducteurs (W)
IV	20 m x 20 m	20 m
III	15 m x 15 m	15 m
II	10 m x 10 m	10 m
I	5 m x 5 m	10 m

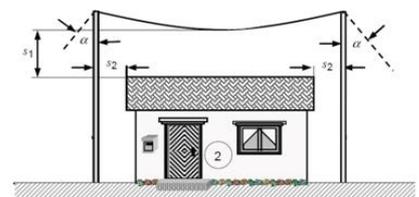
Largeur des mailles et distances habituelles entre les descentes et le ceinturage en fonction du niveau de protection

○ **Fils tendus**

Ce système est composé d'un ou plusieurs conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger.

Les conducteurs doivent être reliés à la terre à chacune de leur extrémité.

L'installation de fils tendus doit tenir compte de la tenue mécanique, de la nature de l'installation et des distances d'isolement.



➤ La **protection par système actif** (norme NF C 17-102) avec mise en place de Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA) dont le rayon de couverture est amélioré par un dispositif ionisant.

Niveau de protection		Rayon de protection des PDA											
		I			II			III			IV		
Avance à l'amorçage		30	40	60	30	40	60	30	40	60	30	40	60
Hauteur au-dessus de la surface à protéger	2	11,4	15,0	18,6	12,6	15,6	20,4	15,0	18,0	23,4	16,8	19,8	25,8
	4	22,8	30,6	37,8	25,8	31,2	41,4	30,6	36,0	46,8	34,2	40,2	51,0
	5	28,8	37,8	47,4	33,0	39,0	51,6	37,8	45,0	58,2	42,6	50,4	64,2

Le tableau ci-dessus tient compte du coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à l'arrêté du 4 octobre 2010 concernant les ICPE.

Tableau 8 : Rayon de protection des PDA

Nota : il est également possible de combiner des solutions passives et actives en fonction de la configuration des structures à protéger.

Les avantages et inconvénients de chaque type de protection sont listés dans le tableau suivant :

	Systeme passif	Systeme actif (PDA)
Installation	Contraignante sur des structures complexes et pour des niveaux de protection sévères.	Simplifiée car moins de matériels à installer.
Maintenance	Simplifiée, pas d'élément actif à contrôler.	Problème du contrôle du bon fonctionnement de la partie active (accessibilité, moyens de contrôle spécifiques).
Efficacité	Basée sur le modèle électrogéométrique. Apporte également une réduction des perturbations électromagnétiques rayonnées.	En cas de défaillance du système actif la protection devient partielle.
Coût d'installation	Pouvant être élevé sur des structures importantes.	Les PDA étant actifs, leur coût est supérieur à celui d'une tige simple. L'installation est cependant moins contraignante, d'où un coût global d'installation moindre.

Tableau 9 : Avantages et inconvénients par SPF

6.3 Choix du type d'I.E.P.F

La surface des bâtiments étant importante, nous conseillons de protéger ces zones à l'aide d'une protection par **paratonnerre à dispositif d'amorçage**, car :

- Une solution de protection par tiges simples et cages maillées serait complexe à mettre en œuvre et très onéreuse.
- L'utilisation de composants naturels n'est pas possible car les éléments métalliques de construction ne permettent pas de constituer des parties du SPF,
- La protection par fils tendus n'est applicable que pour les zones ouvertes ou bâtiment de petites tailles.

Les solutions proposées dans l'étude technique ont été étudiées en tenant compte du meilleur compromis entre les aspects techniques et économiques.

6.4 Mise en œuvre de l'I.E.P.F

6.4.1 Bâtiment Entrepôt de stockage BREGER

6.4.1.1 Niveau de protection à atteindre

Le Bâtiment doit être protégé par un **SPF de niveau IV**.

6.4.1.2 Dispositif de capture

Les travaux à mettre en œuvre sont :

- L'installation de **2 PDA** testables IN SITU.

(Exiger des PDA testables à distance avec fourniture de l'appareil de test si PDA non accessible)

Les caractéristiques des dispositifs de capture sont décrites dans le tableau suivant :

Paratonnerre	Hauteur des mâts	Δt	Niveau de protection	Rayon de protection
1 PDA	7 mètres	60 μs	IV	64,6 m

Tableau 10 : I.E.P.F à installer

Le haut du PDA doit être installé à au moins 2 m au-dessus de la zone qu'il protège, y compris les antennes, les tours de refroidissement, les toits, les réservoirs, etc.

L'installation de paratonnerre testable à distance selon les recommandations du fabricant pourra être envisagée afin de réduire les coûts de vérifications (l'installateur devra fournir à l'exploitant le système de test en même temps que les PDA).

Afin de limiter le phénomène de tension de pas et de contact à proximité des descentes, des pancartes interdisant l'approche à moins de 3 mètres en cas d'orage devront être installées sur chaque descente.

15 m

F_BREGI



Plan 7: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre

Légende :			
○	Rayon de protection 64,6 m (réduction des 40% appliquée)	■	PDA sur mât de 7 m
▲	Prise de terre à créer	—	Conducteur de descente à créer

Tableau 11 : Légende des I.E.P.F à installer

Nota : Seule l'implantation des conducteurs de descente et des prises de terre proposées dans notre étude, pourra être modifiée par l'installateur lors de la réalisation des travaux, à la seule condition que tout soit conforme aux normes en vigueur.

6.4.2 Dispositifs de descente et mise à la terre

6.4.2.1 Conducteurs de descente

Pour un SPF à dispositif d'amorçage non isolé, chaque PDA doit être connecté à au moins deux conducteurs de descente. Afin de respecter les distances de séparation vis-à-vis de l'installation photovoltaïque, le conducteur sera mis en œuvre sur le mur coupe-feu.

La distance de séparation au pied du PDA concerné est de :
(Le détail du calcul est présenté en annexe 1)

	PDA
Distance de séparation dans l'air	1,2 m
Distance de séparation dans le béton	2,3 m

Tableau 12 : Distances de séparation

L'ensemble des masses métalliques mises à la terre et des carcasses des spots d'éclairages/caméras devront être interconnectés au dispositif de descente par un conducteur de même nature que celui-ci en cas de non-respect de cette distance de séparation.

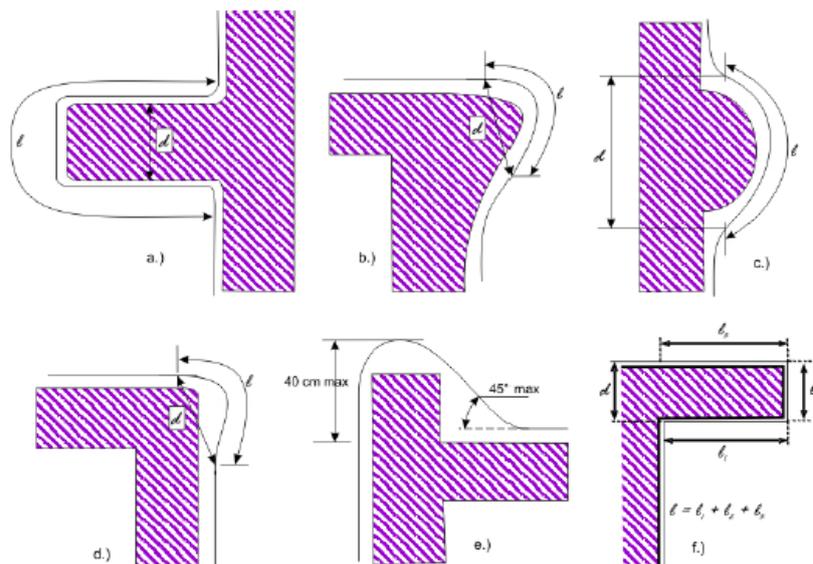
Les courants forts/faibles devront être blindés (caméras, antenne hertzienne) ou protégés à l'aide de parafoudres (parafoudres BT et coaxiaux) en cas de non-respect de cette distance de séparation.

6.4.2.2 Cheminement des conducteurs de descente

Les conducteurs de descente doivent être installés de sorte que leurs cheminements soient aussi directs et aussi courts que possible, en évitant les angles vifs et les sections ascendantes (les rayons de courbure doivent être supérieurs à 20 cm).

Les conducteurs de descente ne doivent pas cheminer le long des canalisations électriques ou croiser ces dernières.

Il convient d'éviter tout cheminement autour des acrotères, des corniches et plus généralement des obstacles. Une hauteur maximale de 40 cm est admise pour passer au-dessus d'un obstacle avec une pente de 45° ou moins. Il est rappelé que la règle principale pour le cheminement des conducteurs de descente est la distance de séparation calculé au chapitre 6.4.2.1 de cette étude.



ℓ : longueur de la boucle, en mètres
 d : largeur de la boucle, en mètres
 Le risque de rupture du diélectrique est évité si la condition $d > \ell/20$ est respectée.

Figure 1 : Formes de courbure des conducteurs de descente

Les conducteurs de descente, pour les PDA, doivent être fixés à raison de **trois fixations par mètre** (environ tous les 33 cm).

Il convient que ces fixations soient adaptées aux supports et que leur installation n'altère pas l'étanchéité du toit. Les fixations par percements systématiques du conducteur de descente doivent être proscrites.

Tous les conducteurs doivent être connectés entre eux à l'aide de colliers ou raccords de nature identique, de soudures ou d'un brasage.

Il convient de protéger les conducteurs de descente contre tout risque de choc mécanique, à l'aide de fourreaux de protection, jusqu'à une hauteur d'au moins **2 m au-dessus du niveau du sol**.

6.4.2.3 Matériaux et dimensions

Les matériaux et dimensions des conducteurs de descente devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561.

Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente.

Matériau	Configuration	Section minimale
Cuivre, cuivre étamé, acier galvanisé à chaud, acier inoxydable	Plaque pleine (épaisseur min. 2 mm)	50 mm ²
Aluminium	Plaque pleine (épaisseur min. 3 mm)	70 mm ²

Tableau 13: Nature des conducteurs de descente

6.4.2.4 Joint de contrôle

Chaque conducteur de descente doit être muni d'un joint de contrôle permettant de déconnecter la prise de terre pour procéder à des mesures.

Les joints de contrôle sont en général installés sur les conducteurs de descente en partie basse.

Pour les conducteurs de descente installés sur des parois métalliques ou les SPF non équipés de conducteurs de descente spécifiques, des joints de contrôle doivent être insérés entre chaque prise de terre et l'élément métallique auquel la prise de terre est connectée. Ils sont alors installés à l'intérieur d'un regard de visite (conforme à la NF EN 62561) comportant le symbole prise de terre.

6.4.2.5 Compteur de coups de foudre

Selon l'article 21 de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, les agressions de la foudre sur site doivent être enregistrées. Afin de comptabiliser les impacts de la foudre plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- Un compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre,
- Un compteur de coups de foudre au niveau du parafoudre de type 1 dans le TGBT,
- Un abonnement de télécomptage à Météorage.

Dans notre cas, la solution retenue est le compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre. Il doit être situé de préférence juste au-dessus du joint de contrôle et être conforme à la NF EN 62561. Il faut au minimum **un compteur par paratonnerre**.

6.4.2.6 Autorisation d'intervention à proximité des réseaux

Au regard des obligations à respecter au titre de la réglementation applicable aux travaux exécutés à proximité d'ouvrages souterrains ou aériens (Code de l'environnement) et conformément à la norme NF S70-003-1 d'application obligatoire, le responsable de projet peut faire le choix d'une procédure de DT-DICT conjointe lorsque le projet concerne une opération unitaire dont la zone d'intervention géographique est très limitée et dont le temps de réalisation est très court.

L'entreprise qui réalisera l'installation devra, dans le cadre du marché privé ou publique, effectuer la procédure de déclaration DT/DICT conjointe au moyen de tout formulaire et document nécessaires conformément à la réglementation en vigueur. De même, ses intervenants devront être qualifiés AIPR, afin de respecter la réglementation.

6.4.2.7 Prise de terre

Une prise de terre de type B (boucle) peut être réalisée si **le fond de fouille est supérieur ou égal à 50mm²**, sinon il y aura lieu de prévoir **une prise de terre type A au bas de chaque descente**.

Au total, **2 prises de terre** devront être créées afin de relier les installations à la terre.

Les prises de terre type A doivent satisfaire les exigences suivantes :

- la valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement classique doit être la plus basse possible (**inférieure à 10 Ω**). Cette résistance doit être mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur.

- éviter les prises de terre équipées d'un composant vertical ou horizontal unique excessivement long (> 20 m) afin d'assurer une valeur d'impédance ou d'inductance la plus faible possible.

Deux configurations sont possibles pour réaliser une prise de terre **type A** :

➤ Patte d'oie

La prise de terre sera disposée sous forme de patte d'oie de grandes dimensions et enterrée à une profondeur minimum de 50 cm à l'aide de conducteurs de même nature et section que les conducteurs de descente, à l'exception de l'aluminium,

Exemple : trois conducteurs de 7 m à 8 m de long, enterrés à l'horizontale, à une profondeur minimum de 50 cm.

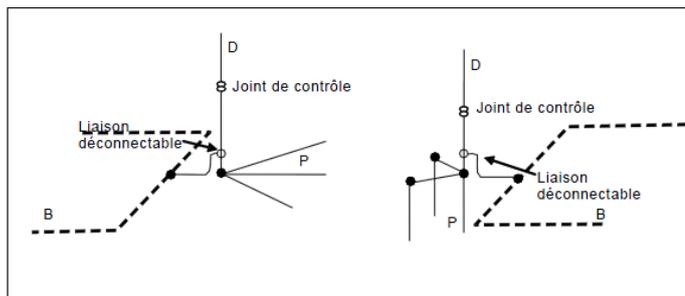
➤ Prise de terre ligne ou triangle

Chaque prise de terre type A sera composée de plusieurs électrodes verticales de longueur totale **minimum de 5 m (6m pour les PDA)** à une profondeur minimum de **50 cm** :

- disposées en ligne ou en triangle et séparées les unes des autres par une distance égale à au moins la longueur enterrée ;

- interconnectées par un conducteur enterré identique au conducteur de descente ou aux caractéristiques compatibles avec ce dernier.

Le nombre minimal d'électrode de terre doit être de deux.



D : conducteurs de descente
B : boucle au niveau des fondations du bâtiment
P : mise à la terre du SPF à dispositif d'amorçage

Figure 2 : Schéma de principe « prise de terre »

Configuration de la prise de terre Type B :

Cette disposition comprend soit une boucle extérieure à la structure en contact avec le sol sur une longueur d'au moins 80 % de la boucle, soit une prise de terre à fond de fouille, à condition qu'elle soit constituée d'un conducteur de 50 mm². De plus, lorsqu'il s'agit d'une installation en PDA, il convient que chaque conducteur de descente soit au moins connecté à une électrode horizontale de longueur 4 m minimum ou à une électrode verticale de longueur 2 m minimum.

Il convient que la prise de terre en boucle soit, de préférence, enterrée à **au moins 0,5 m de profondeur et à au moins 1 m à l'extérieur des murs.**

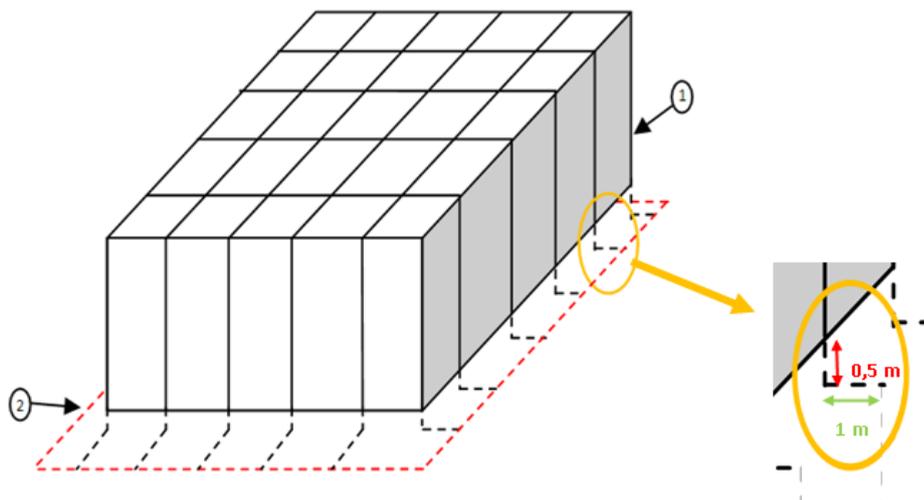


Schéma de principe « prise de terre type B »

Les matériaux et dimensions des électrodes de terre devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561.

Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre.

Matériau	Configuration	Dimensions minimales			Observations
		Tige de terre ∅ mm	Conducteur de terre	Plaque de terre mm	
Cuivre	Torsadé ³⁾		50 mm ²		Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein ³⁾		50 mm ²		Diamètre 8 mm
	Plaque pleine ³⁾		50 mm ²		Epaisseur min. 2 mm
	Rond plein	15 ⁸⁾			Epaisseur min. paroi 2 mm
	Tuyau	20		500 x 500	Epaisseur min. 2 mm
	Plaque pleine			600 x 600	25 mm x 2 mm section Configuration de longueur minimale d'une plaque torsadée: 4,8 m
Acier	Rond plein galv. ^{1), 2)}	16 ⁸⁾	Diamètre 10 mm		Epaisseur min. paroi 2 mm
	Tuyau galv. ^{1), 2)}	25			Epaisseur min. 3 mm
	Bande pleine galv. ¹⁾		90 mm ²		Epaisseur min. 3 mm
	Plaque pleine galv. ¹⁾			500 x 500	Epaisseur min. 3 mm
	Treillis galv. ¹⁾			600 x 600	30 mm x 3 mm section
	Rond cuivre plein revêtu ⁴⁾	14			250 µm rayon minimum Revêtement Cu de 99,9 %
	Rond plein nu ⁵⁾		Diamètre 10 mm		Epaisseur min 3 mm
	Nu ou galv. plaque pleine ^{5), 6)}		75 mm ²		Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Torsadé galv. ^{5) 6)}		70 mm ²		
	Profilé galvanisé en croix ¹⁾	50 x 50 x 3			
Acier inoxydable ⁷⁾	Rond plein	15	Diamètre 10 mm		
	Plaque pleine		100 mm ²		Epaisseur min. 2 mm

Tableau 14 : Nature des prises de terre selon la norme

6.4.2.8 Dispositions complémentaires pour les prises de terre

Lorsque la résistivité élevée du sol empêche d'obtenir une résistance de prise de terre inférieure à 10 Ω à l'aide des mesures de protection normalisées ci-avant, les dispositions complémentaires suivantes peuvent être utilisées :

- ajout d'un matériau naturel non corrosif de moindre résistivité autour des conducteurs de mise à la terre ;
- ajout d'électrodes de terre à la disposition en forme de patte d'oie ou connexion de ces dernières aux électrodes existantes ;
- application d'un enrichisseur de terre conforme à la NF EN 62561-7 ;

Lorsque l'application de toutes les mesures ci-dessus ne permettent pas d'obtenir une valeur de résistance inférieure à 10 Ω, il peut être considéré que la prise de terre de Type A assure un écoulement acceptable du courant de foudre lorsqu'elle comprend une longueur totale d'électrode enterrée d'au moins :

- 160 m pour le niveau de protection I ;
- **100 m pour les niveaux de protection II, III et IV.**

Dans tous les cas, il convient que chaque élément vertical ou horizontal ne dépasse pas 20 m de long.

La longueur nécessaire peut être une combinaison d'électrodes horizontales (longueur cumulée L1) et d'électrodes verticales (longueur cumulée L2) avec l'exigence suivante :

$$160 \text{ (respectivement } 100 \text{ m)} < L1 + 2xL2$$

Pour une prise de terre de Type B, lorsqu'une valeur de 10 ohms ne peut être obtenue, il convient que la longueur cumulée des n électrodes supplémentaires soit de :

- 160 m pour le niveau de protection I (respectivement 100 m pour les autres niveaux de protection) pour une électrode horizontale ;

- 80 m pour le niveau de protection I (respectivement 50 m pour les autres niveaux de protection) pour les électrodes verticales ;
- ou une combinaison telle qu'expliquée ci-avant pour une prise de terre de Type A.

6.4.2.9 Equipotentialité des prises de terres

Il convient de connecter les prises de terre au fond de fouille du bâtiment (ou aux terres des masses électriques si leur section est suffisante et si acceptées au préalable par la maîtrise d'ouvrage) à l'aide d'un conducteur normalisé (voir NF EN 62561) par un dispositif déconnectable situé de préférence dans un regard de visite comportant le symbole « *Prise de terre* ».

Lors de la mise en place des fonds de fouille, les différents bâtiments du site devront avoir leurs fonds de fouilles respectifs reliés entre eux.

6.4.2.10 Condition de proximité

Les composants de la prise de terre du SPF à dispositif d'amorçage doivent être à au moins **2 m de toute canalisation métallique ou canalisation électrique enterrée** si ces canalisations ne sont pas connectées d'un point de vue électrique à la liaison équipotentielle principale de la structure.

Pour les sols dont la résistivité est supérieure à 500 Ω m, la distance minimum est portée à 5 m.

6.4.2.11 Tension de contact et de pas

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite :

- La probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible.
- Les conducteurs naturels de descente sont constitués de plusieurs colonnes de la structure métallique de la structure ou de plusieurs poteaux en acier interconnectés, assurant leur continuité électrique.
- La résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 k Ω m.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'être vivants en raison des tensions de contact et de pas telles que :

- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 μ s, par exemple, par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

Dans notre cas, la solution la plus adaptée est la mise en place de pancarte d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

6.5 Mise à la terre des canalisations

Il est rappelé que toutes les canalisations métalliques rentrantes et sortantes devront être raccordées au réseau de terre et de masse du bâtiment à leur point de pénétration (liaisons avec les remontées de prise de terre de préférence) suivant le principe de la figure suivante. Ces liaisons d'interconnexion au réseau de terre du bâtiment sont notamment à faire au niveau des canalisations métalliques transportant des produits à risque (canalisations de gaz combustible et médicaux en particulier)

Ces liaisons devront se faire par l'intermédiaire d'un conducteur normalisé NF EN 62305-3.

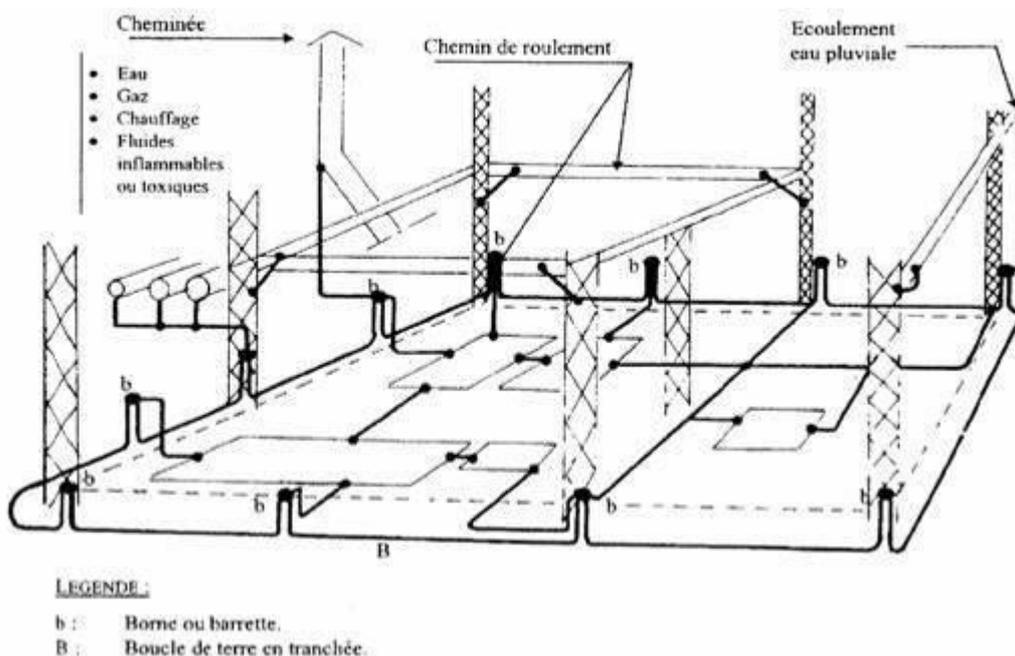


Figure 3: Principe général de mises à la terre

Zone	Nom	Mise à la terre
Entrepôt de Stockage	Canalisations Eaux Usées	Non concerné (PVC, Béton)
	Canalisations Eaux Pluviales	A réaliser (si métallique)
	Canalisations AEP	PER, PEHD
	Canalisations RIA	PEHD
	Canalisations CVC	A réaliser

Tableau 15 : Canalisations entrantes

Élément d'équipotentialité		Matériau ^a	Section ^b mm ²
Barres d'équipotentialité (cuivre, acier à revêtement en cuivre ou acier galvanisé)		Cu, Fe	50
Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et la prise de terre ou entre les autres barres d'équipotentialité (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre)		Cu	16
		Al	25
		Fe	50
Conducteurs de connexion entre les installations internes métalliques et les barres d'équipotentialité (transportant un courant de foudre partiel)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Conducteurs de mise à la terre avec le parafoudre (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre) ^c	Classe I	Cu	16
	Classe II		6
	Classe III		1
	Autres parafoudres ^d		1
^a Il convient que les autres matériaux utilisés présentent des sections assurant une résistance équivalente. ^b Dans certains pays, il est possible d'utiliser des conducteurs de plus petites dimensions, à condition qu'ils satisfassent aux exigences thermiques et mécaniques- voir la CEI 62305-1:2010, Annexe D. ^c Pour les parafoudres utilisés dans des applications de puissance, des informations complémentaires relatives aux conducteurs de connexion sont données dans la CEI 60364-5-53 et dans la CEI 61643-12. ^d Les autres parafoudres incluent les parafoudres utilisés dans les réseaux de télécommunication et de signalisation			

Tableau 16 : Sections minimales des éléments d'équipotentialité

6.5.1 Mise à la terre des panneaux photovoltaïques

Les travaux à mettre en œuvre sont :

D'après la norme **IEC 61643-32** la mise à la terre des panneaux photovoltaïques devra être effectuée par un conducteur en Cuivre nu :

- De section minimale de 50 mm² pour les conducteurs de liaison équipotentielle, lorsqu'ils peuvent être considérés comme des conducteurs de descente,
- De section minimale de 16 mm² pour les conducteurs de liaison équipotentielle, lorsqu'ils acheminent un courant de foudre partiel,
- De section minimale de 6 mm² pour les conducteurs de liaison équipotentielle, lorsqu'ils acheminent uniquement un courant de foudre induit.

Dans le cas d'une installation photovoltaïque non connectée au système de protection contre la foudre (distance de séparation maintenue), la section minimale des conducteurs d'équipotentialité doit être de 6 mm² en cuivre.

Ce réseau équipotentiel devra être interconnecté avec le réseau de terre du site, ainsi que le réseau de descente foudre.

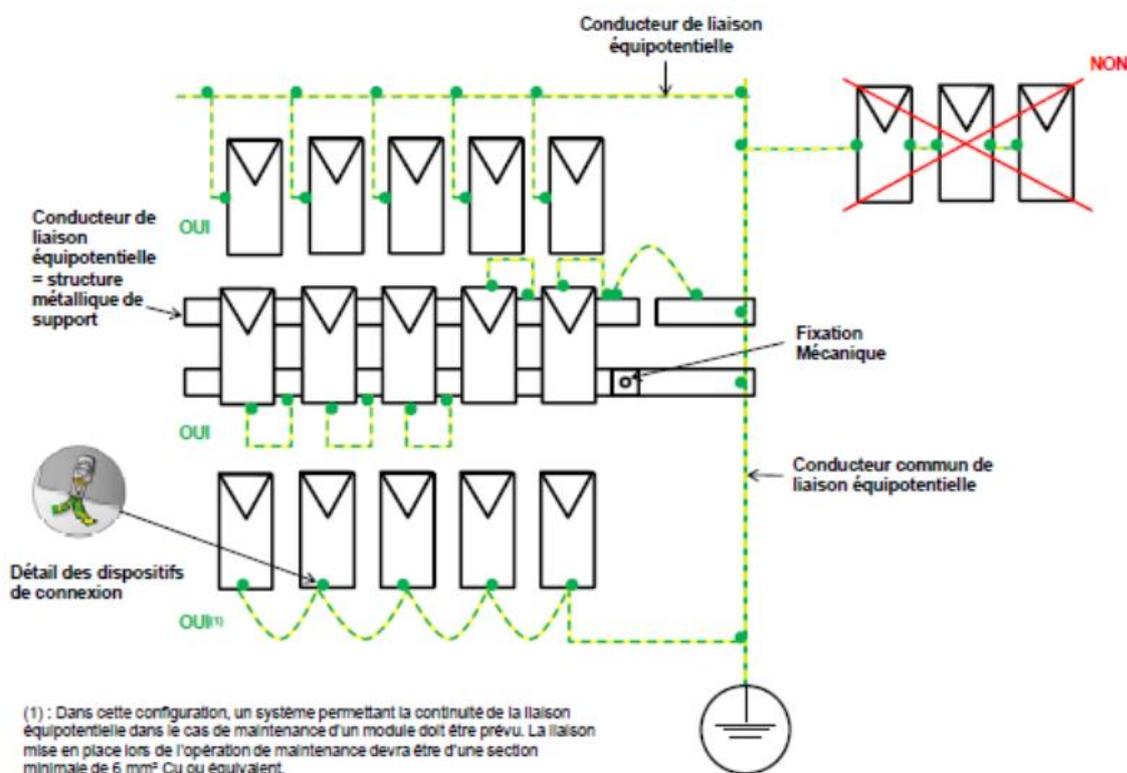
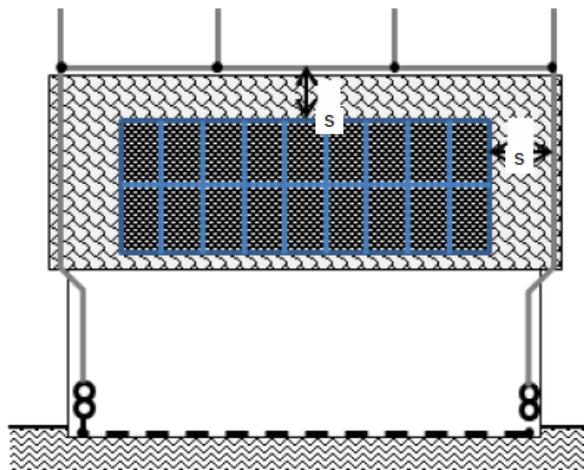


Figure 4 : Exemple de mise à la terre des panneaux photovoltaïques

Lorsqu'une installation photovoltaïque est protégée par un système de protection contre la foudre (SPF), il convient de maintenir la distance de séparation minimale entre le SPF et les structures métalliques de l'installation photovoltaïque afin d'éviter l'écoulement de courants de foudre partiels dans ces structures.

Lorsqu'un groupe photovoltaïque est protégé par un système de protection contre la foudre, et lorsque **la distance de séparation est maintenue**, les dimensions de tous les conducteurs de liaison équipotentielle doivent être de 6 mm² à l'exception du conducteur de terre du parafoudre de type 1 situé au niveau du tableau de distribution principal qui doit être de 16mm².



IEC

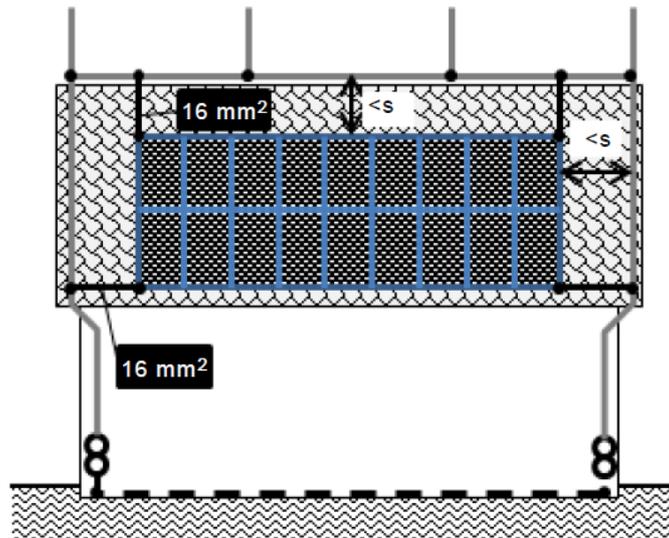
NOTE Il est recommandé de positionner le dispositif de capture du système de protection contre la foudre de manière à éviter un coup de foudre direct sur le groupe photovoltaïque et à réduire simultanément le plus possible les ombres produites sur les modules photovoltaïques.

Figure 5 : Exemple de bâtiment comportant une installation extérieure du système de protection contre la foudre – Dimensions des conducteurs de liaison équipotentielle en cas de respect de la distance de séparation

Pour le projet, l'installation photovoltaïque sera positionnée à plus de 5 m de l'installation paratonnerre. La distance de séparation calculée au pied du paratonnerre étant de 1,2 m. La distance de séparation est respectée. La mise à la terre des panneaux pourra se faire en 6 mm².

Pour rappel : Lorsqu'un groupe photovoltaïque est protégé par un système de protection contre la foudre, et lorsque **la distance de séparation ne peut être maintenue**, il convient de prévoir une connexion directe entre l'installation extérieure du système de protection contre la foudre et la structure métallique du groupe photovoltaïque.

Il convient que cette connexion soit capable de résister au courant de foudre partiel. Les dimensions de tous les conducteurs de liaison équipotentielle doivent être de 16 mm^2 .



IEC

NOTE Il est recommandé de positionner le dispositif de capture du système de protection contre la foudre de manière à éviter un coup de foudre direct sur le groupe photovoltaïque et à réduire simultanément le plus possible les ombres produites sur les modules photovoltaïques.

Figure 6 : Exemple de bâtiment comportant une installation extérieure du système de protection contre la foudre – Dimensions des conducteurs de liaison équipotentielle en cas de non-maintien de la distance de séparation

7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre

Les résultats de l'analyse de risque aboutissent à une **protection obligatoire** contre les **effets indirects de niveau IV** sur le site **ENTREPÔT DE STOCKAGE de VARS (16)**.

Une protection devra être mise en place :

- Au niveau de l'alimentation générale des bâtiments équipés de paratonnerres conformément aux obligations des normes NF EN 62305-4 et du guide UTE C 15-443.
- Sur les Équipements Importants Pour la Sécurité.
- Sur les canalisations conductrices provenant de l'extérieur des bâtiments (équipements en toiture, réseaux électriques, ...).

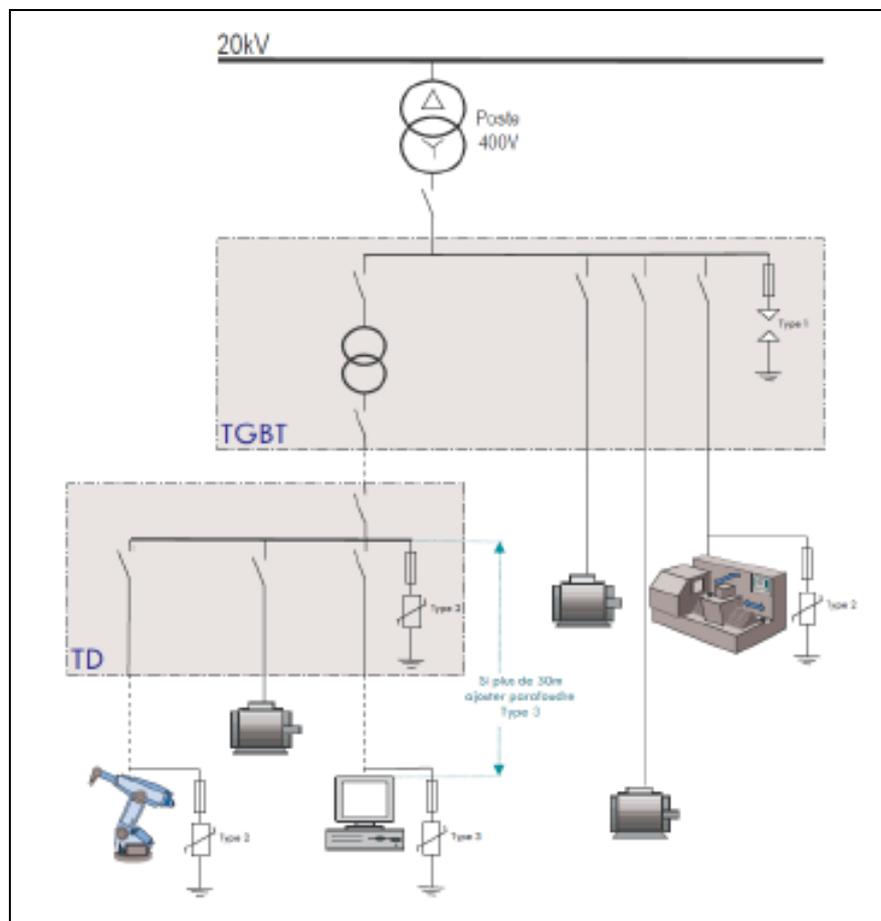


Figure 7 : Principe de protection par parafoudres

Nous préconisons :

Bâtiment	Armoire	Préconisation
<i>Bureaux</i>	<i>TGBT</i>	Installation d'un Parafoudre de type 1+2
	<i>Alimentation Eclairage extérieur</i>	Installation d'un Parafoudre de type 1+2
	<i>Alimentation Borne IRVE</i>	Installation d'un Parafoudre de type 1+2
<i>Entrepôt de Stockage Cellule 1</i>	<i>TD Cellule 1</i>	Installation d'un Parafoudre de type 1+2
<i>Entrepôt de Stockage Cellule 2</i>	<i>TD Cellule 2</i>	Installation d'un Parafoudre de type 1+2
<i>Local Technique</i>	<i>Installation Photovoltaïque</i>	Installation de parafoudres conformément au §7.1

Tableau 17 : Protection type 1

Bâtiment	Armoire	Préconisation
<i>Ensemble du site</i>	<i>Alarme Incendie</i>	Installation d'un Parafoudre de type 2
	<i>Surpresseur Incendie (Si existant)</i>	Installation d'un Parafoudre de type 2
<i>Local Technique</i>	<i>Installation Photovoltaïque</i>	Installation de parafoudres conformément au §7.1

Tableau 18 : Protection type 2

7.1 **Parafoudres sur installations PV**

Des protections par parafoudres devront être installées sur différentes armoires et coffrets électriques afin de protéger l'ensemble du réseau de production d'énergie photovoltaïque selon UTE 15-712 et IEC 61 643-32.

Situation	Localisation parafoudre		
	Repère n°3	Repère n°2	Repère n°1 ou 4
Installation des parafoudres dans le cas d'une installation photovoltaïque sans installation extérieure de protection foudre (§7.1.1)	Parafoudre de type 1 ou Parafoudre de type 2	Parafoudre de type 2	Parafoudre de type 2
Installation des parafoudres dans le cas d'un bâtiment avec installation extérieure de protection foudre avec maintien de la distance de séparation (§7.1.2)	Parafoudre de type 1	Parafoudre de type 2	Parafoudre de type 2
Installation des parafoudres dans le cas d'un bâtiment avec installation extérieure de protection foudre sans maintien de la distance de séparation (§7.1.3)	Parafoudre de type 1	Parafoudre de type 1	Parafoudre de type 1

Tableau 19 : Choix de la classe d'essai du parafoudre et de la section du conducteur d'équipotentialité

7.1.1 Installation photovoltaïque sans installation extérieure de protection contre la foudre

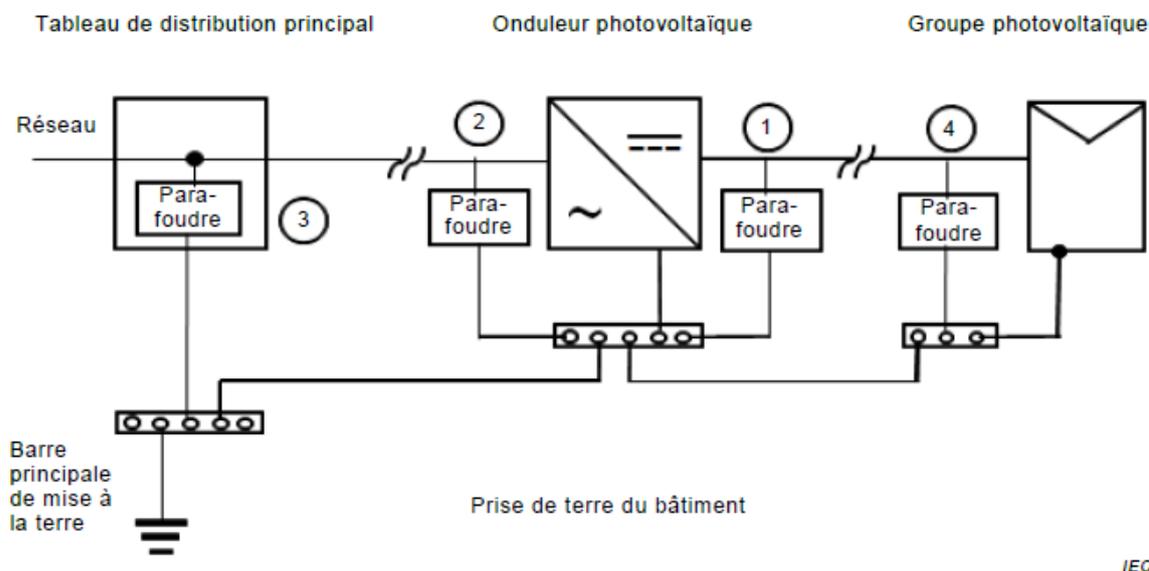


Figure 8 : Installation des parafoudres dans le cas d'un bâtiment sans installation extérieure du système de protection contre la foudre

Le parafoudre à l'emplacement 2 n'est pas exigé si :

- La distance entre le parafoudre du tableau de distribution principal et l'onduleur est inférieure à 10 m, et si le cheminement du conducteur de mise à la terre de protection utilise les conducteurs de puissance en courant alternatif. Dans ce cas, un parafoudre unique doit être installé au niveau du tableau de distribution principal à l'emplacement 3.

Ou

- En cas de connexion de l'onduleur et du tableau de distribution principal à la même barre de mise à la terre avec une longueur de câble inférieure ou égale à 0,5 m (par exemple, l'onduleur est situé à l'intérieur du tableau de distribution principal).

Le parafoudre à l'emplacement 4 n'est pas exigé si :

- La distance entre l'onduleur et le groupe photovoltaïque est inférieure à 10 m et le niveau de protection (U_p) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à $0,8 U_w$ de la tension de tenue du groupe photovoltaïque.

Ou

- Le niveau de protection (U_p) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à $0,5 U_w$ de la tension de tenue du groupe photovoltaïque et le cheminement du conducteur de mise à la terre de protection est proche des conducteurs en courant continu.

7.1.2 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure de protection foudre avec maintien de la distance de séparation (à l'exclusion des systèmes solaires mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques)

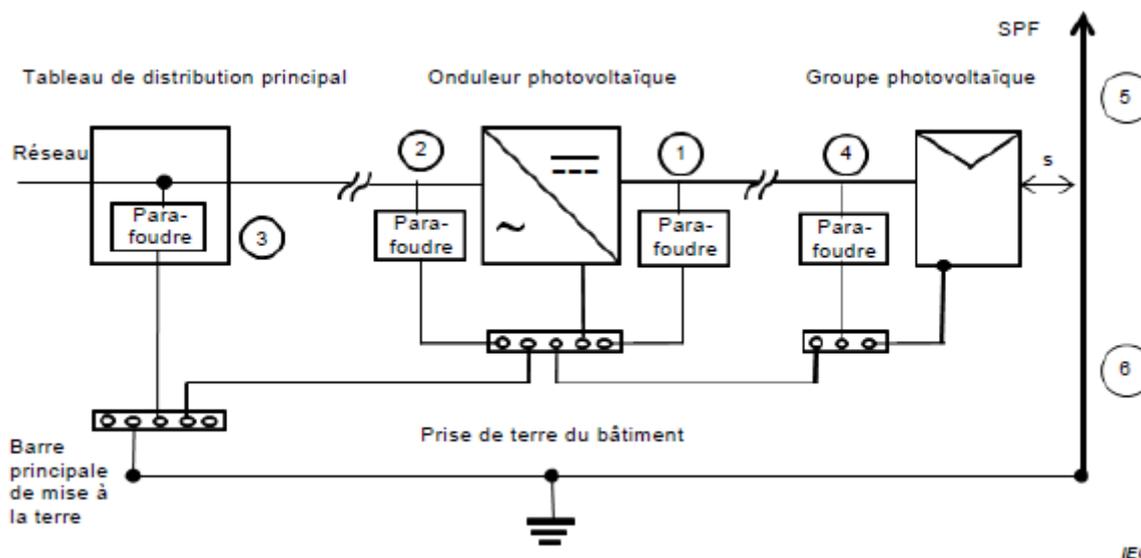


Figure 9 : Installation de parafoudres dans le cas d'une installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre avec maintien de la distance de séparation

Le parafoudre à l'emplacement 2 n'est pas exigé si :

- La distance entre les parafoudres du tableau de distribution principal et l'onduleur est inférieure à 10 m et si la tension induite dans le courant de foudre qui s'écoule dans le conducteur de descente peut ne pas être prise en compte (voir IEC 62305-4).

Ou

- En cas de connexion de l'onduleur et du tableau de distribution principal à la même barre de mise à la terre avec une longueur de câble inférieure ou égale à 0,5 m (par exemple, l'onduleur est situé à l'intérieur du tableau de distribution principal).

Le parafoudre à l'emplacement 4 n'est pas exigé si :

- La distance entre l'onduleur et le groupe photovoltaïque est inférieure à 10 m et le niveau de protection (U_p) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à $0,8 U_w$ de la tension de tenue du groupe photovoltaïque,

Ou

- Le niveau de protection (U_p) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à $0,5 U_w$ de la tension de tenue du groupe photovoltaïque et le cheminement du conducteur de mise à la terre de protection est proche des conducteurs en courant continu.

7.1.3 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre lorsque la distance de séparation ne peut être maintenue (y compris les systèmes mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques)

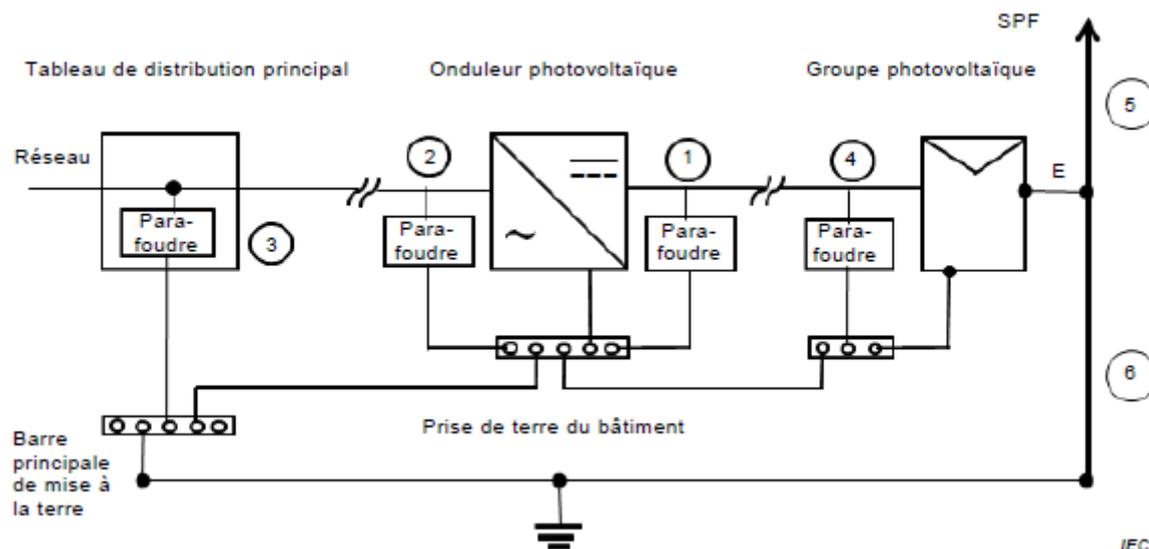


Figure 10 : Installation de parafoudres dans le cas d'une installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre lorsque la distance de séparation (s) ne peut être maintenue

Des parafoudres de classe d'essai I sont exigés pour les emplacements 1, 2, 3 et 4. Il convient d'installer les parafoudres pour les emplacements 1 et 2 le plus près possible de l'onduleur. Il convient d'installer le parafoudre à l'emplacement 4 le plus près possible du groupe photovoltaïque.

Les parafoudres aux emplacements 2 et 3 sont généralement exigés sauf en cas de connexion de l'onduleur et du tableau de distribution principal à la même barre de mise à la terre avec une longueur de câble inférieure ou égale à 0,5 m (par exemple, l'onduleur est situé à l'intérieur du tableau de distribution principal). Le parafoudre à l'emplacement 2 n'est pas exigé dans ce type de cas.

7.1.4 Parafoudres photovoltaïques courant faible

Il est nécessaire de mettre en place des parafoudres courant faible de type D1 sur les réseaux des signaux (comme l'arrivée du signal dans le local TGBT), ainsi que les éléments utilisés pour des données météo du site (capteur de mesure du vent).

7.1.5 Principe de raccordement des parafoudres courant fort dans une installation PV

Le raccordement du parafoudre doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible afin de réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE.

La longueur cumulée de conducteurs parallèle de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2)**.

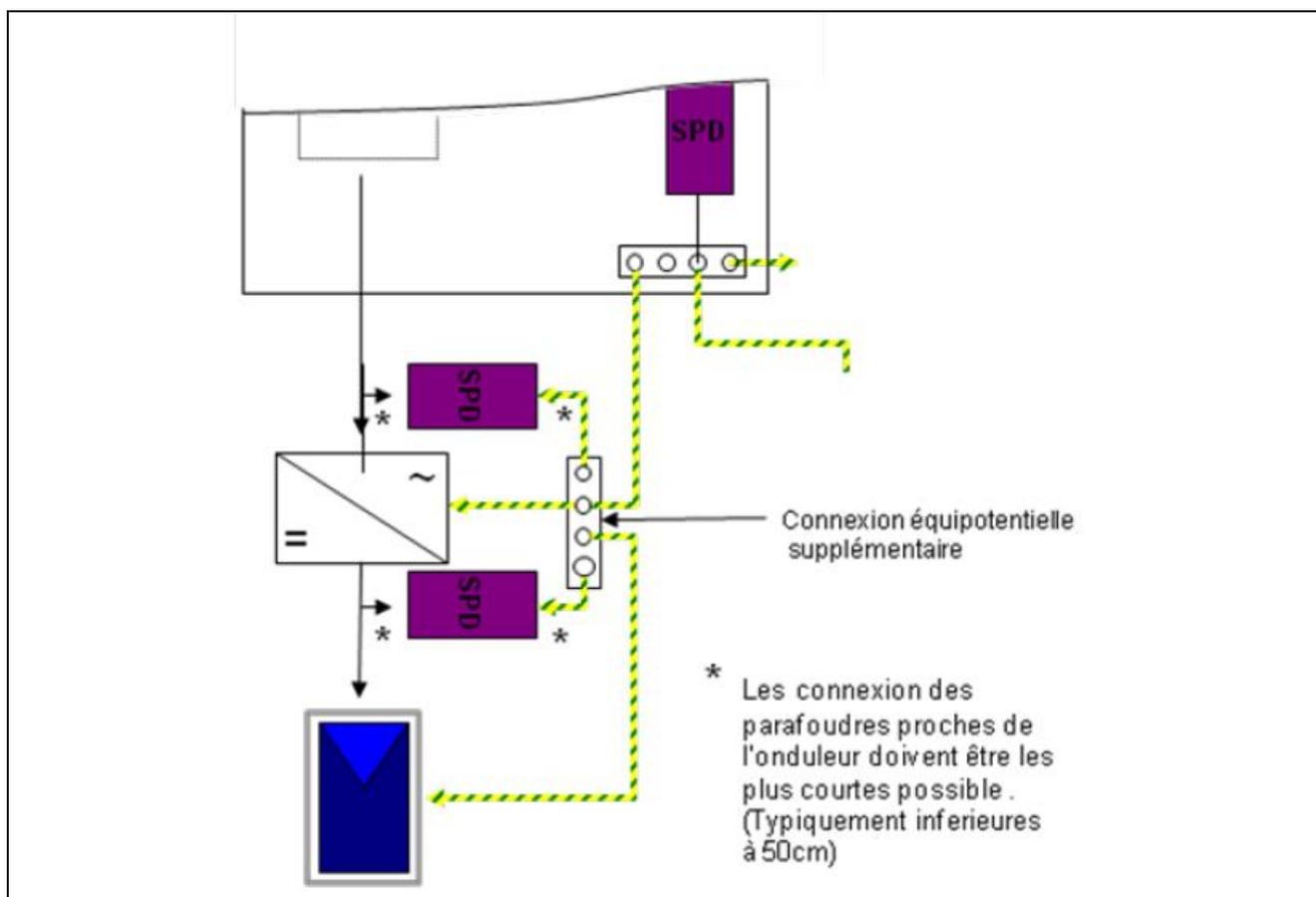


Figure 11 : Distances à respecter pour le câblage des parafoudres

La mise en œuvre doit être réalisée conformément à la norme IEC 61643-32.

Afin de privilégier la continuité des installations électriques, les dispositifs de protection des parafoudres respecteront **les règles de sélectivité**.

7.2 Protection des courants forts

7.2.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II

Ces protections sont conçues pour être utilisées sur des installations où le « risque foudre » est très important, notamment en présence de paratonnerre sur le site. Ces parafoudres doivent être soumis aux essais de classe I, caractérisés par des injections d'ondes de courant de type 10/350 µs, représentatives du courant de foudre généré lors d'un impact direct.

Pour le dimensionnement des parafoudres de **TYPE 1**, la norme NF EN 62305 -1 précise que lorsque le courant de foudre s'écoule à la terre, il se divise en 2 :

- ⇒ 50 % vers les prises de terre ;
- ⇒ 50 % dans les éléments conducteurs et les réseaux pénétrant dans la structure.

Calcul du courant I_{imp} des parafoudres de type 1 (et type 1+2) :

Le courant I_{imp} est le courant que doit pouvoir écouler le parafoudre de type 1 sans être détruit.

Les parafoudres protégeant les lignes extérieures doivent avoir une tenue en courant compatible avec les valeurs maximales de la partie de courant de foudre qui va s'écouler à travers ces lignes.

Il dépend de :

- la moitié du courant crête du coup de foudre défini dans la NF EN 62305-1 (donné dans le tableau ci-dessous en fonction du niveau de protection).

I (kA)	P	Niveau de protection
100	0,05	IV et III
150	0,02	II
200	0,01	I
300	0,005	I+
600	0,001	I++

Tableau 20: Valeurs du courant de foudre direct I_{imp} maxi

- Du nombre de pôles.

Ce courant est donné par la formule suivante :

$$I_{imp} = \frac{0,5}{n \times m} \times I_{imp} \text{ max}$$

Où n est le nombre de réseaux rentrants incluant câbles électriques (excepté les lignes téléphoniques) et conduites métalliques et m nombre de pôles du câble électrique concerné.

	Bâtiment A
Régime de neutre	TT
Pour le n	5
Pour le m	5
n x m=	25
Calcul niveau IV et III (0,5 / (n x m)) x 100 =	4

Tableau 21 : Calcul du limp

La norme NF C 15100 impose un minimum de **12,5 kA**.

On retrouve ainsi les résultats suivants :

Caractéristiques :

- Régime de neutre : **TT**
- Tension maximale en régime permanent : **Uc ≥ 253V**
- Intensité de court-circuit à respecter : **Icc ≥ Ik3**
- Courant maximum de décharge (onde 10/350 μs) : **Iimp ≥ 12,5 kA**
- Niveau de protection : **Up ≤ 1,5 kV**

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion selon les préconisations du fabricant.

7.2.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II

La protection de Type 2, est dédiée à la protection contre les effets indirects de la foudre et a pour but de limiter la tension résiduelle de la protection primaire.

Il est donc **obligatoire** de prévoir l'installation, au niveau des armoires secondaires ou TD alimentant des équipements liés au MMR des parafoudres de Type 2 conformément à la norme **NF EN 62-305-4**.

Ces protections sont destinées à être installées à proximité des équipements sensibles. Ces parafoudres sont soumis à des tests en onde de courant 8/20µs (essais de classe II).

Ces parafoudres de type II sont à placer en **coordination** avec les parafoudres de type I (type I+II) implantés en amont.

En cas d'absence d'armoire divisionnaire à proximité des équipements à protéger, des coffrets parafoudre devront être installés.

Calcul du courant In des parafoudres de type 2 selon le Guide UTE C 15-443 :

- **Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre**

Le niveau d'exposition aux surtensions de foudre dénommé F est évalué par la formule suivante :

$$F = Nk (1,6 + 2.LBT + \delta)$$

Où :

- **Nk** : est le niveau kéraunique local (nombre de jours d'orages / an), Nk = 13 jours d'orage par an suivant les données Météorage §6.1 de l'ARF RGC 29410.
- **LBT** : est la longueur en km de la ligne BT alimentant l'installation.
 - o Pour des valeurs supérieures ou égales à 0,5 km, on retient LBT = 0,5.
- **δ** : est un coefficient prenant en compte la situation de la ligne et celle du bâtiment.
 - o La valeur de δ est donnée dans le tableau ci-dessous.

Situation de la ligne (BT) et du bâtiment	Complètement entouré de structures	Quelques structures à proximité ou inconnue	Terrain plat ou découvert	Sur une crête, présence de plan d'eau, site montagneux
δ	0	0,5	0,75	1

Tableau 22: Valeurs de δ selon la situation de la ligne et du bâtiment

Application de la formule :

$$F = 13 \times (1,6 + (2 \times 0,5) + 0,5)$$

$$\text{Soit : } F = 40,3.$$

Le paramètre F est donc égal à 40,3 pour ce site.

- **Choix de In**

A l'origine d'une installation alimentée par le réseau de distribution publique, le courant nominal de décharge In recommandé est de 5 kA pour les parafoudres de type 2.

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue.

Le tableau ci-dessous permet d'optimiser le choix de In en fonction du paramètre F :

Estimation du risque F	In (kA)
$F \leq 40$	5
$40 < F \leq 80$	10
$F > 80$	20

Tableau 23: Choix de In dans le cas des parafoudres de type 2

	Entrepôt VARS
In (kA)	10 kA

Tableau 24: Résumé du In pour les bâtiments du site

Caractéristiques :

- Régime de neutre : **TT**
- Tension maximale en régime permanent **Uc ≥ 253V**
- Intensité de court-circuit à respecter : **Icc ≥ Ik3**
- Courant nominal de décharge (onde 8/20 μs) **In ≥ 10 kA**
- Niveau de protection **Up ≤ 1,5 kV**

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion selon les préconisations du fabricant.

7.2.3 Raccordement

Les parafoudres seront raccordés au niveau du jeu de barres principal de l'armoire.

Le raccordement devra être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible afin de réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE.

La longueur cumulée de conducteurs parallèles de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2+L3)**.

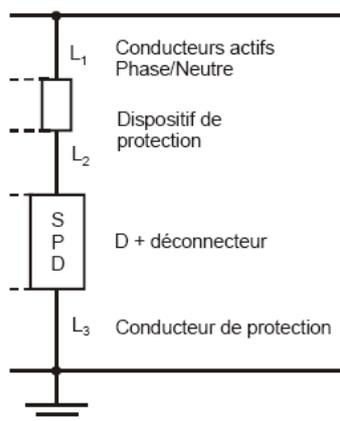


Figure 12 : Principe de câblage d'un parafoudre

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443 et à la norme NF EN 62305-4.

7.2.4 Dispositif de déconnexion

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles, disjoncteurs...). Ce dispositif doit respecter les exigences mentionnées par le fabricant du parafoudre installé.

Le dispositif de protection devra permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée et devra garantir la protection contre les contacts indirects après destruction du parafoudre. Une signalisation par voyant mécanique indique le défaut et/ou un contact inverseur permet d'assurer le report d'alarme à distance.

L'installateur devra dimensionner le dispositif de protection en fonction de la note conjointe Qualifoudre / F2C sur les dispositifs de protection en amont des parafoudres et des recommandations des fabricants de parafoudres.

Pour information, vous trouverez ci-après le document « processus de choix et installation des déconnecteurs des parafoudres de type 1 » établi selon cette note.

La tenue du Dispositif de Protection contre les Surlintensités de l'Installation (DPSI) en onde 10/350, n'est généralement pas connue du fabricant. Aussi le cas idéal de choix est le suivant :

- Cas 1 : Installation des parafoudres en amont du DPSI. (Cf. document).
Dans ce cas la protection foudre, la sécurité électrique, et la continuité de service sont assurées.

Pour autant l'installation des parafoudres peut être difficile, contraignante à réaliser : obligation d'intervention sous tension ou coupure du poste d'alimentation...

Si le cas 1 ne s'avère pas réalisable, le cas 2 doit être envisagé, avec une inconnue qui subsiste sur le comportement du DPSI en cas de surtension vis-à-vis des critères de sécurité électrique et de continuité de service (étant donné sa présence en amont du parafoudre et son déconnecteur).

Cette inconnue existait déjà avant l'implantation de parafoudres dans l'installation électrique.

Cas 2 ou cas 2 b (Cf. document). Dans ce cas, la protection foudre est assurée, la sécurité électrique et la continuité de service sont inconnues.

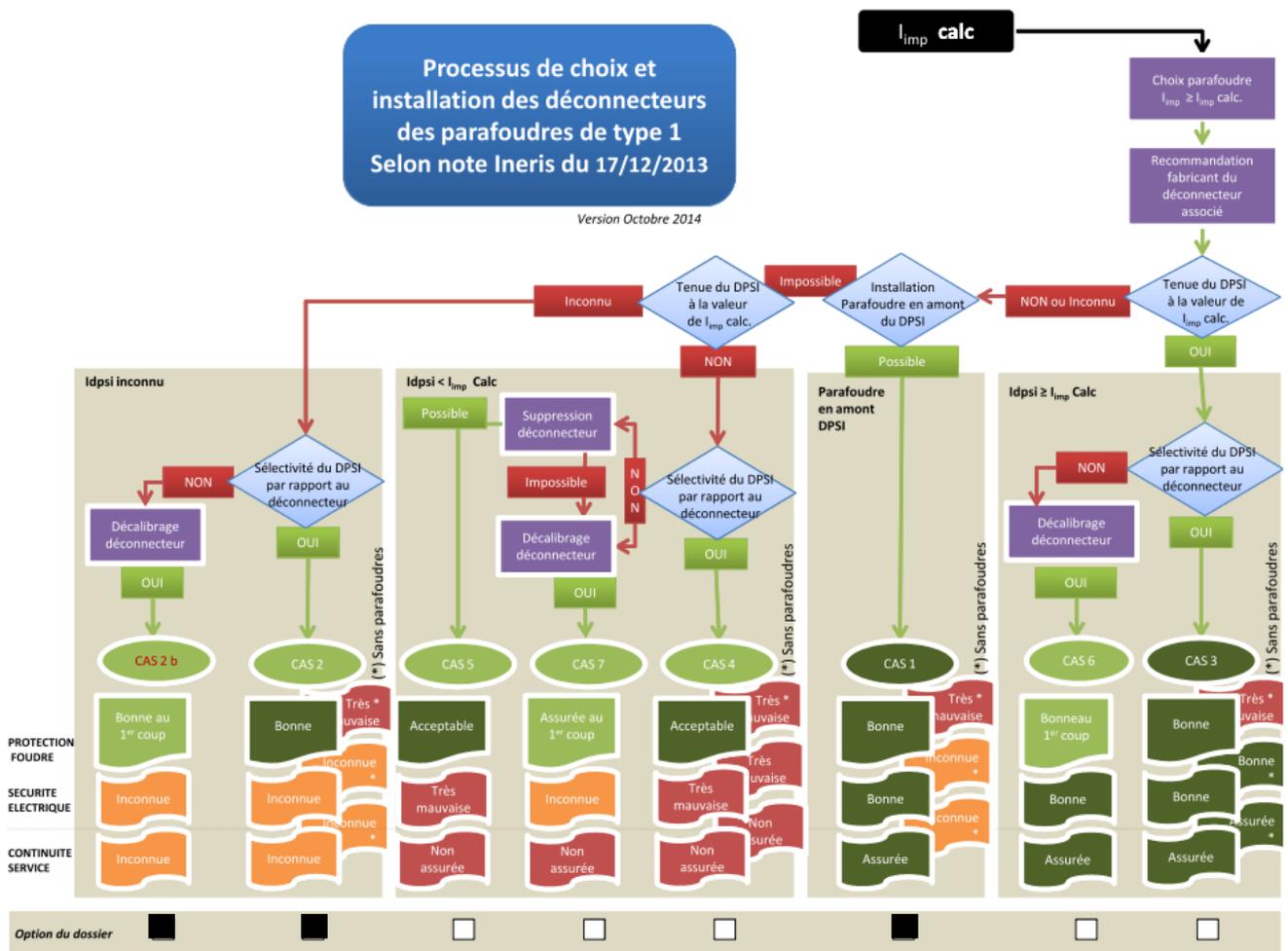


Figure 13 : Dispositifs de déconnexion des parafoudres de type 1

7.3 Protection des lignes de télécommunication

7.3.1 Protection par parafoudre

Ces parafoudres doivent être conformes aux normes NF EN 61643-21 et -22.

Ils sont adaptés aux exigences des différents réseaux entrant dans la structure à protéger :

- Réseau **Telecom** : protection des équipements PABX, modems, terminaux, ...
- Réseau **industriel** : protection d'automates, systèmes de télégestion, télétransmetteurs, sondes, capteurs, servomoteurs, centrales de contrôle d'accès, d'incendie, ...
- Réseau **informatique** : protection des réseaux inter-bâtiment

Le tableau E.2 de l'annexe E de la NF EN 62305 -1 donne, pour les réseaux de **communication**, les surintensités de foudre susceptibles d'apparaître lors des impacts de foudre.

Le courant impulsionnel de foudre (I_{imp} – onde 10/350 μ s) des parafoudres doit être > ou = aux valeurs reprises ci-dessous en fonction des niveaux de protection.

Niveau de protection Np	
I-II	III-IV
I_{imp} minimum du parafoudre (en kA) en onde 10/350 μs	
2	1

Tableau 25 : Valeur de l' I_{imp}

Pour les réseaux écrantés, ces valeurs peuvent être réduites d'un facteur 0,5.

Pour la **sélection** de ces parafoudres, il faut tenir compte des paramètres suivants :

- Caractéristiques de la ligne à protéger : ISDN, ADSL
- Nombre de lignes à protéger
- Type d'installation souhaitée : boîtier mural, répartiteur, rail DIN, ...
- Ergonomie : modules débrochables.

Dans le cas où il existerait des lignes courants faibles en cuivre sortant du bâtiment, des parafoudres courants faibles devront être installés au niveau de ces lignes.

Pour ce faire, le maître d'ouvrage devra donner à l'installateur le nombre et les caractéristiques des lignes à protéger (type de signal, tension, ...), sans quoi ces protections ne pourront être chiffrées et installées.

Les paires non utilisées ainsi que le support métallique de la tête de ligne devront être mis à la terre.

8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX

Cette étude évoque également l'aspect prévention vis-à-vis des risques foudre en présence de personnel exposé aux orages ou lors de manipulation de produits et/ou matériels dangereux.

Selon l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, « *les enregistrements des agressions de la foudre sont datés et si possible localisés sur le site* », et « *tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre (... coup de foudre...) sont consignés dans le carnet de bord* ».

Pour permettre de manière fiable de faire évacuer les zones ouvertes, le système d'alerte, à l'approche d'un front orageux, peut être :

- soit un service local de détection des orages et/ou fronts orageux par réseau national METEOFRANCE,



- soit un système local de détection par moulin à champ type Détectstorm ou équivalent.



En effet, lors de l'approche ou de la formation d'une cellule orageuse, le champ électrostatique au sol varie de façon importante (de 150 V/m à 15Kv/m en période orageuse).

Un dispositif (moulin à champ) mesure localement cette variation et informe le décideur sur la façon de gérer cette situation à risque.

Une fiche d'enregistrement pour chaque appel sera remplie et les datations du début et de fin d'alerte précisées. Une procédure sera alors mise en place et tout dépotage interdit jusqu'à la levée de l'alerte.

Cette procédure d'alerte foudre devra être régulièrement effectuée (nombre important de fiches remplies par an) par liaison téléphonique rendant pratiquement nulle la probabilité d'inflammation de zones explosibles sur l'aire de déchargement.

Ces fiches remplies régulièrement apporteront une bonne traçabilité des événements utiles lors d'investigations nécessaires après d'éventuels dysfonctionnements rencontrés. En cas de sinistres graves, ces éléments apportent une aide précieuse lors d'une enquête administrative ou judiciaire.

Mesure de prévention à mettre en place :

A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

La mise en place d'un abonnement METEORAGE ou d'un moulin à champ, n'est pas requise selon l'Analyse de Risque Foudre.

9. REALISATION DES TRAVAUX

La mise en œuvre des préconisations doit être réalisée par une société spécialisée et agréée



« Installation de paratonnerres et parafoudres ».

La qualité de l'installation des systèmes de protection est essentielle pour assurer une efficacité de la protection foudre. L'entreprise devra fournir son attestation Qualifoudre à la remise de son offre.

La marque Qualifoudre :

La marque QUALIFOUDRE identifie les sociétés compétentes dans le domaine de la foudre. Elle est attribuée depuis 2004 aux fabricants, aux bureaux d'études, aux installateurs et aux vérificateurs d'installations de protection.

Le label QUALIFOUDRE permet aux professionnels de la foudre de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS

10.1 Vérification initiale

Dès la réalisation d'une installation de protection contre la foudre, une vérification finale destinée à s'assurer que l'installation est conforme aux normes doit être faite avant 6 mois et comporter :

- Nature, section et dimensions des organes de capture et de descente,
- Cheminement de ces différents organes,
- Fixation mécanique des conducteurs,
- Respect des distances de séparation,
- Existence de liaisons équipotentiellles,
- Valeurs des résistances des prises de terre (par le maître d'œuvre),
- Etat de bon fonctionnement des têtes ionisantes pour les PDA (éventuels),
- Interconnexion des prises de terre entre elles.
- Vérification des parafoudres (câblage, section, ...).

Pour certaines, ces vérifications sont visuelles. Pour les autres, il faudra s'assurer des continuités électriques par des mesures (maître d'œuvre).

Le maître d'œuvre devra, au préalable, mettre à la disposition de l'inspecteur réalisant la vérification le dossier d'ouvrage exécuté (D.O.E.) correspondant aux travaux réalisés par ses soins : cheminements des liaisons de masses, implantation des parafoudres dans les armoires respectant toutes les recommandations de l'Etude Technique.

10.2 Vérifications périodiques

La NF EN 62 305-3 prévoit des vérifications périodiques en fonction du niveau de protection à mettre en œuvre sur la structure à protéger en présence de protection extérieure :

Niveau de protection	Inspection visuelle année	Inspection complète année	Inspection complète des situations critiques ^{a b} année
I et II	1	2	1
III et IV	1	4	1

^a Il convient que les systèmes de protection contre la foudre utilisés dans les applications impliquant des structures avec un risque dû aux matériaux explosifs, fassent l'objet d'une inspection visuelle tous les 6 mois. Il convient de soumettre l'installation à des essais électriques une fois par an. Une exception acceptable au programme d'essai annuel consisterait à effectuer les essais sur un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des essais de résistance de terre à des périodes différentes de l'année pour être informé des variations saisonnières.

^b Les situations critiques peuvent inclure les structures contenant des réseaux internes sensibles, les immeubles administratifs et commerciaux ou les lieux de présence potentielle d'un grand nombre de personnes.

Tableau 26 : D'après NF EN 62 305-3

Les intervalles entre vérifications donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du site **ENTREPÔT DE STOCKAGE de VARS (16)**, l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

Chaque vérification périodique doit faire l'objet d'un rapport détaillé reprenant l'ensemble des constatations et précisant les mesures correctives à prendre. Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, il convient d'y remédier dans les meilleurs délais afin de maintenir l'efficacité optimale du système de protection contre la foudre.

Note importante :

Les parafoudres sont des composants passifs que l'on finit souvent par oublier et sont rarement intégrés dans les opérations de maintenance des installations électriques.

10.3 Vérifications supplémentaires

Dans le cadre de l'application de la norme NF EN 62305-3, des vérifications supplémentaires des installations de protection contre la foudre peuvent être réalisées suite aux événements suivants :

- Travaux d'agrandissement du site,
- Forte période orageuse dans la région,
- Impact sur les installations protégées (procédure de vérification des compteurs de coups de foudre et établissement d'un historique),
- Impossibilité d'installer un système de comptage efficace, dès qu'un doute existe après une activité locale orageuse,
- Perturbations sur des contrôles/commandes ont été constatées, alors une vérification de l'état des dispositifs de protection contre les surtensions est nécessaire.

Toutes ces vérifications devront être annotées dans la Notice de Vérification et Maintenance fournie en annexe. Il conviendra de faire réaliser une mise à jour de cette dernière, une fois l'installation effectuée.

11. TABLEAU DE SYNTHÈSE

Installations/ Equipements	Travaux à mettre en œuvre
EFFETS DIRECTS	
Entrepôt de Stockage	Installation d'un SPF de niveau IV , conformément au § 6 de cette Etude Technique
Canalisations	Mise à la terre des canalisations selon le § 6.5
EFFETS INDIRECTS	
TGBT, TD Cellule 1, TD Cellule 2, Départ Eclairage extérieur, Départ Borne IRVE	Mise en place de parafoudres type 1+2 de niveau IV : onde 10/350 µs, conformément au § 7 de cette étude technique.
Tableaux divisionnaires et installations sensibles : Alarme Incendie, Surpresseur RIA (Si existant)	Protection par parafoudres type 2 : onde 8/20 µs, In 10 kA minimum et Up < 1,5 kV, conformément au § 7 de cette étude technique.
Photovoltaïque	Mise en place de parafoudres conformément au § 7.1 de cette étude technique.
Lignes de télécommunication, Réseaux courants faibles (Si lignes cuivre sortant du bâtiment)	Protection par parafoudres courant faible adapté, conformément au § 7 de cette étude technique.
PREVENTION	
Ensemble du site	Procédure à mettre en place et respecter en période orageuse

Tableau 27: Tableau de synthèse

Notre étude est construite sur la base que les installations (électriques, structurelles, mises à la terre, ...) sont conformes aux normes et législations en vigueur, qu'elles sont vérifiées et maintenues en état par le maître d'ouvrage.

NOTA :

« Une installation de protection contre la foudre, conçue et installée conformément aux présentes normes, ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes et des biens, et de l'Environnement. Néanmoins, l'application de celles-ci doit réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les équipements, les structures et les hommes ».

ANNEXE 1

Note de calcul distance de séparation

CALCUL DE LA DISTANCE DE SEPARATION

CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

Niveau de protection	IV
----------------------	----

Coefficient Ki	0,04
----------------	------

Nombre de conducteurs de descente	2
-----------------------------------	---

Coefficient Kc	0,75
----------------	------

Coefficient Km Air	1
Coefficient Km Béton, Briques	0,5

Coefficient I	37,5 m
---------------	--------

Calcul de S Air max	1,125 m
Calcul de S Béton, Briques max	2,250 m

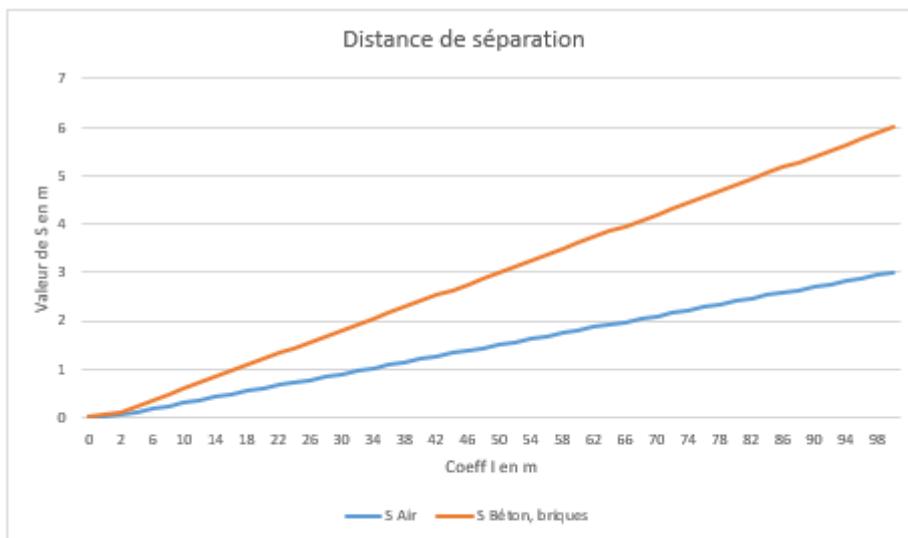
PDA

Niveau de protection	Ki
I	0,08
II	0,06
III	0,04
IV	0,04

Nombre de conducteurs de descente	Kc
1	1
2	0,75
3	0,6
4 et +	0,41

Matériau	Km
Air	1
Béton, Briques	0,5

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$



NOTA: La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente évacuant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée la terre. Pour qu'il y ait isolement au sens des étincelles dangereuses, il faut que la distance d séparant le système de protection contre la foudre de l'élément conducteur considéré, soit supérieur à s.

ANNEXE 2

Notice de Vérification et de Maintenance

**NOTICE DE VERIFICATION ET DE
MAINTENANCE**

**ENTREPÔT DE STOCKAGE
SITE DE VARS (16)**



Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : Nicolas ALNET Société : RG Consultant Date : 09/11/2023 Visa 	Nom : Martin GOIFFON Société : RG CONSULTANT Date : 20/11/2023 	A

333 cours du 3^{ème} Millénaire - 69800 SAINT-PRIEST - France
 Bâtiment Le Pôle – 2^{ème} étage
 Tél. +33 (0)4 37 41 16 10
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
 Tél. +33 (0)6 79 97 46 02
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com



SOMMAIRE

1. ORDRES DES VERIFICATIONS 4

1.1 PROCEDURE DE VERIFICATION 4

1.2 VERIFICATION DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE 4

1.3 VERIFICATIONS VISUELLES..... 4

1.4 VERIFICATIONS COMPLETES 5

1.5 DOCUMENTATION DE LA VERIFICATION 6

2. MAINTENANCE 7

2.1 REMARQUES GENERALES..... 7

2.2 PROCEDURE DE MAINTENANCE..... 8

2.3 DOCUMENTATION DE MAINTENANCE..... 8

3. DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE 9

3.1 INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (I.E.P.F) 9

3.1.1 *Implantations des SPF* 9

3.1.1 *Caractéristiques des dispositifs de capture* 10

3.1.2 *Mise à la terre des canalisations* 10

3.2 INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (I.I.P.F) 11

4. NOTICE DE VERIFICATION 12

4.1 NOTICES DE VERIFICATION DES SYSTEMES DE PROTECTION Foudre (SPF) 12

4.2 NOTICE DE VERIFICATION DES PARAFoudRES..... 14

5. CARNET DE BORD 15

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 29 411	09/11/2023	Notice de vérification et de maintenance

GLOSSAIRE

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

EIPS : Equipements Importants Pour la Sécurité

SPF : Système de Protection contre la Foudre

IEPF : Installation Extérieure de Protection contre la Foudre

IIPF : Installation Intérieure de Protection contre la Foudre

1. ORDRES DES VERIFICATIONS

1.1 Procédure de vérification

Le but des vérifications est de s'assurer que le système est conforme aux normes en vigueur.

Elles comprennent la vérification de la documentation technique, les vérifications visuelles, les vérifications complètes et la documentation de ces inspections.

1.2 Vérification de la documentation technique

Il y a lieu de vérifier la documentation technique totalement, pour s'assurer de la conformité à la série des normes NF EN 62305 et de la cohérence avec les schémas d'exécution.

1.3 Vérifications visuelles

Il convient d'effectuer des vérifications visuelles pour s'assurer que :

- la conception est conforme aux normes NF EN 62305, NF C 17102 et NF EN 62561-x (avec x de 1 à 7),
- le Système de Protection Foudre est en bon état,
- les connexions sont serrées et les conducteurs et bornes présentent une continuité,
- aucune partie n'est affaiblie par la corrosion, particulièrement au niveau du sol,
- les connexions visibles de terre sont intactes (opérationnelles),
- tous les conducteurs visibles et les composants du système sont fixés et protégés contre les chocs et à leur juste place,
- aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose de protection complémentaire,
- aucun dommage du système de protection des parafoudres et des fusibles n'est relevé,
- l'équipotentialité a été réalisée correctement pour de nouveaux services intérieurs à la structure depuis la dernière inspection et les essais de continuité ont été effectués,
- les conducteurs et connexions d'équipotentialité à l'intérieur de la structure sont en place et intacts,
- les distances de séparation sont maintenues,
- l'inspection et les essais des conducteurs et des bornes d'équipotentialité, des écrans, du cheminement des câbles et des parafoudres ont été contrôlés et testés.

1.4 Vérifications complètes

La vérification complète et les essais des SPF comprennent une inspection visuelle complétée par :

- les essais de continuité des parties non visibles lors de la vérification initiale et qui ne peuvent être contrôlées par vérification visuelle ultérieurement ;
- les valeurs de résistance de la prise de terre. Il convient d'effectuer des mesures de terre isolées ou associées et d'enregistrer les valeurs dans un rapport de vérification du SPF.
- Le contrôle de la partie active des têtes des Paratonnerres à Dispositifs d'Amorçages.
- La résistance de chaque électrode de terre et si possible, la résistance de la prise de terre complète.

Il convient de mesurer chaque prise de terre locale à partir de la borne d'essai en position ouverte (mesure isolée).

Si la valeur de la résistance globale de la prise de terre excède 10 Ω , un contrôle est effectué pour vérifier que la prise de terre soit conforme.

Si la valeur de la résistance de la prise de terre s'est sensiblement accrue, des recherches sont effectuées pour en déterminer les raisons et prendre les mesures nécessaires.

Pour les prises de terre dans des sols rocailleux, il convient de se conformer au chapitre E.5.4.3.5 de la norme NF EN 62305. La valeur de 10 Ω n'est pas applicable dans ce cas.

b) Les résultats des contrôles visuels des connexions des conducteurs et jonctions ou leur continuité électrique.

Si la prise de terre n'est pas conforme à ces exigences ou si le contrôle de ces exigences n'est pas possible, faute d'informations, il convient d'améliorer la prise de terre par des électrodes complémentaires ou par l'installation d'un nouveau réseau de terre.

1.5 Documentation de la vérification

Le carnet de bord joint en chapitre 5, retrace l'historique des vérifications périodiques destinées à l'inspecteur, et comporte la nature des vérifications (mesure de continuité, de la résistance des terres, vérification à la suite d'un accident, type de vérification : visuelle ou complète), ainsi que les méthodes d'essai et les résultats des données obtenues.

Il est recommandé que l'inspecteur élabore un rapport qui sera conservé avec les rapports de conceptions, de maintenances et de vérifications antérieurs.

Il convient que le rapport de vérification du Système de Protection Foudre comporte les informations suivantes :

- Les conditions générales des conducteurs de capture et des autres composants de capture ;
- Le niveau général de corrosion et de la protection contre la corrosion ;
- La sécurité des fixations des conducteurs et des composants ;
- Les mesures de la résistance de la prise de terre ;
- Les écarts par rapport aux normes ;
- La documentation sur les modifications et les extensions du système et de la structure. De plus, les schémas d'installation et de conception ont lieu d'être revus ;
- Les résultats des essais effectués.

2. MAINTENANCE

Il convient de vérifier régulièrement le SPF afin de s'assurer qu'il n'est pas détérioré et qu'il continue à satisfaire aux exigences pour lesquelles il a été conçu. Il convient que la conception d'un SPF détermine la maintenance nécessaire et les cycles de vérification conformément au Tableau suivant.

Niveau de protection	Inspection visuelle année	Inspection complète année	Inspection complète des situations critiques ^{a b} année
I et II	1	2	1
III et IV	1	4	1

^a Il convient que les systèmes de protection contre la foudre utilisés dans les applications impliquant des structures avec un risque dû aux matériaux explosifs, fassent l'objet d'une inspection visuelle tous les 6 mois. Il convient de soumettre l'installation à des essais électriques une fois par an. Une exception acceptable au programme d'essai annuel consisterait à effectuer les essais sur un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des essais de résistance de terre à des périodes différentes de l'année pour être informé des variations saisonnières.

^b Les situations critiques peuvent inclure les structures contenant des réseaux internes sensibles, les immeubles administratifs et commerciaux ou les lieux de présence potentielle d'un grand nombre de personnes.

Tableau 28 : Périodicité selon le niveau de protection.

Les intervalles entre inspections donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du site **ENTREPÔT DE STOCKAGE** sur la commune de **VARS (16)** l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

2.1 Remarques générales

Les composants du SPF perdent de leur efficacité au cours des ans en raison de la corrosion, des intempéries, des chocs mécaniques et des impacts de foudre.

Il y a lieu que l'inspection et la maintenance soient faites par un organisme agréé **Qualifoudre**.

Pour effectuer la maintenance et les vérifications du système de protection, il convient de coordonner les deux programmes, vérification et maintenance.

La maintenance d'un système de protection est importante même si le concepteur du SPF a pris des précautions particulières pour la protection contre la corrosion et a dimensionné les composants en fonction de l'exposition particulière contre les dommages de la foudre et les intempéries, en complément des exigences des normes NF EN 62 305 et NF C 17102.

Il convient que les caractéristiques mécaniques et électriques d'un système de protection soient maintenues toute la durée de sa vie afin de satisfaire aux exigences des normes.

Si des modifications sont effectuées sur le bâtiment ou sur l'équipement ou si sa vocation est modifiée, il peut être nécessaire de modifier le système de protection.

Si une vérification montre que des réparations sont nécessaires, celles-ci seront exécutées sans délai et ne peuvent être reportées à la révision suivante.

2.2 Procédure de maintenance

Le site **ENTREPÔT DE STOCKAGE** sur la commune de **VARS (16)** doit établir des programmes de vérifications périodiques pour tous les SPF.

La fréquence des procédures de maintenance dépend :

- de la dégradation liée à la météorologie et à l'environnement ;
- de l'exposition au danger de foudre ;
- du niveau de protection donné à la structure.

Une inspection visuelle est obligatoire tous les ans et une inspection complète doit être faite tous les deux ans.

Le carnet de bord comporte un programme de maintenance, listant les vérifications de manière que la maintenance soit régulièrement suivie et comparée avec les vérifications antérieures.

Le programme de maintenance comporte les informations suivantes :

- vérification de tous les conducteurs et composants du SPF ;
- vérification de la continuité électrique de l'installation ;
- mesure de la résistance de terre du système de mise à la terre ;
- vérification des parafoudres ;
- re-fixation des composants et des conducteurs ;
- vérification de l'efficacité du système après modifications ou extensions de la structure et de ses installations.

2.3 Documentation de maintenance

Il convient que des enregistrements complets soient effectués lors des procédures de maintenance et qu'ils comportent les actions correctives prises ou à prendre.

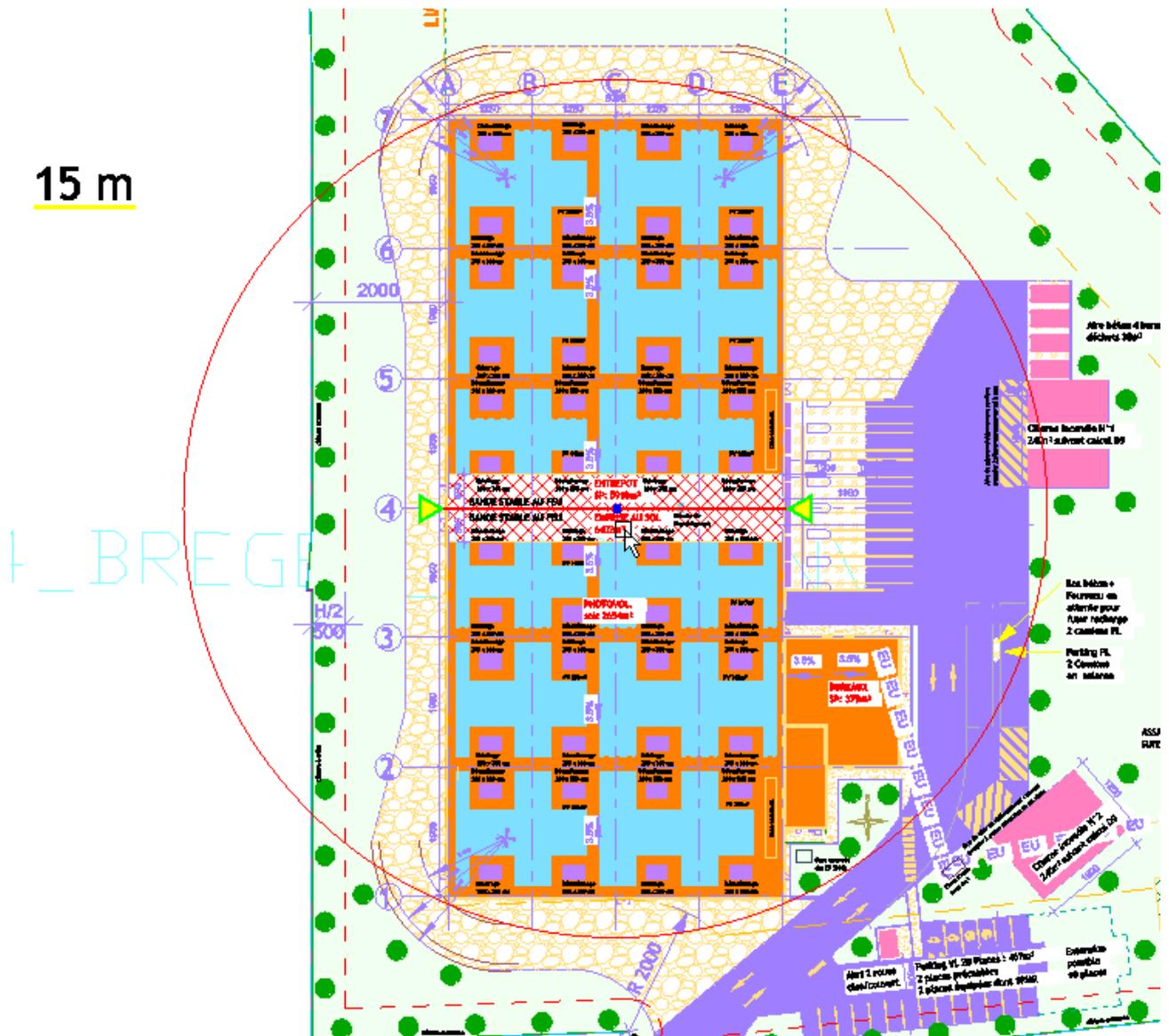
Ces enregistrements fournissent des moyens d'évaluation des composants et de l'installation du SPF.

Il convient que ces enregistrements servent de base pour la révision et la modernisation des programmes de maintenance du SPF et qu'ils soient conservés avec les rapports de conception et de vérification.

3. DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE

3.1 Installations Extérieures de Protection contre la foudre (I.E.P.F)

3.1.1 Implantations des SPF



Plan 8: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre

Légende :			
	Rayon de protection 64,6 m (réduction des 40% appliquée)		PDA sur mât de 7 m
	Prise de terre		Conducteur de descente

Tableau 29 : Légende des I.E.P.F

3.1.1 Caractéristiques des dispositifs de capture

	PDA
Avance à l'amorçage	60 μ s
Hauteur	7 m
Niveau de protection	4
Rayon de protection	64,6 m
Distance de séparation	1,2 m

Tableau 30 : Caractéristiques des dispositifs de capture

3.1.2 Mise à la terre des canalisations

Localisation	Section du conducteur	Etat	Résultat
Canalisations Eaux Pluviales	mm ²		
Canalisations CVC	mm ²		

Tableau 31 : Mise à la terre des canalisations

3.2 Installations Intérieures de Protection contre la Foudre (I.I.P.F)

Caractéristiques des parafoudres mis en œuvre :

Bâtiment	Armoire	Type	Marque - réf	Up (kV)	In- (kA)	Iimp- Imax (kA)	Dispositif de déconnexion
Bureaux	TGBT	1+2					
	Alimentation Eclairage extérieur	1+2					
	Alimentation Borne IRVE	1+2					
	Centrale de détection Incendie	2					
Local Technique	Installation Photovoltaïque	1+2					
Toiture (Onduleur)	Installation Photovoltaïque	2					
Cellule 1	TD	1+2					
Cellule 2	TD	1+2					
Locaux Technique	Surpresseur Incendie	2					

Tableau 32 : Liste des parafoudres

4. NOTICE DE VERIFICATION

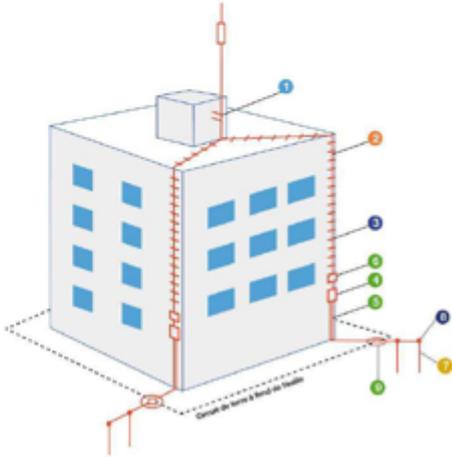
4.1 Notices de vérification des Systèmes de Protection Foudre (SPF)

FICHE CONTROLE PDA

Numéro du PDA :

BATIMENT PROTEGE :

CARACTERISTIQUES PDA	
Modèle :	
Marque :	
Hauteur du mât :	
Avance à l'amorçage:	
Testable à distance :	Résultat du test de la tête :
Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	Positif <input type="checkbox"/> Négatif <input type="checkbox"/>
Nombre de conducteur de descente :	
Niveau de protection :	
<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II
<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV
Rayon de protection : (m)	



✓ **INSPECTION VISUELLE :**

1- Etat des composants du dispositif de capture :

- Etat visuel d'ensemble : Conforme Non-conforme
- Etat des composants : Conforme Non-conforme
- Etat du mât du paratonnerre : Conforme Non-conforme
- Etat des ancrages : Conforme Non-conforme
- Etat des connexions : Conforme Non-conforme

2- Nature et composition des conducteurs de descentes :

- Type et matériau : Conforme Non-conforme
- Présence de joints de contrôle: Conforme Non-conforme
- Cheminement du conducteur de descente: Conforme Non-conforme
- Raccordement au dispositif de capture : Conforme Non-conforme
- Continuité des conducteurs de descente : Conforme Non-conforme

3- Installation et état des conducteurs de descentes :

- Rayons de courbure des coudes des conducteurs : Conforme Non-conforme
- Etat des connexions : Conforme Non-conforme
- Fixation du conducteur de descente (3 par m) : Conforme Non-conforme
- Croisement avec des canalisations électriques : Conforme Non-conforme
- Connexions équipotentielles avec les dispositifs internes et les plans de masses ou de terre :
- Conforme Non-conforme
- Distance de séparation par rapport aux masses métalliques : (m)
- Conforme Non-conforme
- Protection mécanique du conducteur de descente au niveau du sol ou gaine isolée :
- Conforme Non-conforme
- Compteur de coup de foudre : Conforme Non-conforme
- Nombre d'impact relevé:
- Pancarte d'avertissement: Présente Absente

4- Prise de terre :

Appareil utilisé pour les mesures :

Constitution : Conforme Non-conforme

Etat : Conforme Non-conforme

Prise de terre de type :

A B

Valeur des prises de terre de type A (Ohms) :

Valeur de la prise de terre de type B :(Ohms)

Conforme à Améliorer

Présence du piquet de terre :

Conforme Non-conforme

RESULTAT DE LA VERIFICATION :

ACTIONS CORRECTIVES :

4.2 Notice de vérification des parafoudres

➤ **Description de l'équipement à vérifier**

FICHE CONTROLE DES PARAFOUDRES

Nom de l'armoire :

Photos :

EQUIPEMENTS PROTEGES :

CARACTERISTIQUES PARAFOUDRES

Régime de Neutre :

Marque :

- Tétra
- Tri
- Mono

Type 1 Type 3

Type 2

Up :kV

Uc :V

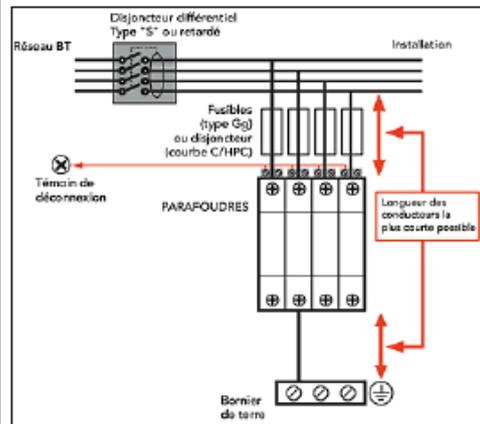
Pour type 1 :

I_{imp} :kA

Pour type 2 ou 3 :

I_n :kA

I_{max} :kA



INSPECTION VISUELLE :

- Règle des 50 cm respectée OUI NON
 - Section des câbles respectée OUI NON
 - Signalisation du défaut du parafoudre OUI NON
 - Présence étiquette OUI NON
 - Dispositif de coupure associé existant OUI NON
 - Sélectivité OUI NON
 - Présence fusible dans PF OUI NON
- Calibre Disjoncteur Armoire :
- Calibre Disjoncteur/Fusible PRF :

RESULTAT DE LA VERIFICATION :

ACTIONS CORRECTIVES :

5. CARNET DE BORD



N° 071179534036

**INSTALLATIONS DE PROTECTION
CONTRE LA Foudre
CARNET DE BORD**

Raison sociale : _____

Adresse de l'Établissement :

CARNET DE BORD

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Établissement.

Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.

Il ne peut sortir de l'Établissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

Renseignements sur l'Etablissement

Nature de l'activité :

N° de classification INSEE :

à la date du : ; Type : ; Catégorie :

Classement de l'Etablissement à la date du : ; Type : ; Catégorie :

à la date du : ; Type : ; Catégorie :

Pouvoirs Publics exerçant le contrôle de l'Etablissement :

Inspection Du Travail {

Commission De Sécurité {

DREAL {

Personne responsable de la surveillance des installations :

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE
09/11/2023	Analyse du Risque Foudre	RG Consultant	N.ALNET 071179534036

II – ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS ET NOTICE DE CONTROLE ET DE MAINTENANCE

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE
15/11/2023	Etude technique foudre	RG Consultant	N.ALNET 071179534036

Les installations de protection sont décrites dans le rapport initial, leurs modifications sont signalées dans les rapports suivants.

III – INSTALLATION DES PROTECTIONS

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE

IV- VERIFICATIONS PERIODIQUES & MAINTENANCE

Installation Extérieure de Protection Foudre (I.E.P.F)		VERIFICATEUR	RESULTATS DE LA VERIFICATION					
		Nom et Qualité de la personne qui a effectué la vérification ou N° QUALIFOUDRE	Indiquer les valeurs obtenues ou les constations faites Référence des rapports	Actions prises ou à prendre				
NATURE DE LA VERIFICATION	Mesure de la résistance de terre du système de mise à la terre							
	Vérification de la continuité électrique de l' installation							
	Vérification de tous les conducteurs et composants du SPF (test de l' électronique pour les PDA)							
	Type de protection							
	Date							

Installation Intérieure de Protection Foudre (I.I.P.F)

La vérification des parafoudres type 1 et type 2 se font, tout d'abord, **visuellement** tous **les ans** (signalisation qui donne l'état du parafoudre, lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée), et la **vérification plus complète** nécessitant le démontage des parafoudres tous les **2 ans** (valise test).

La maintenance doit être faite dès qu'un parafoudre est défectueux, et dès qu'un composant ou un conducteur n'est plus ou mal fixé.

La vérification de l'efficacité du système doit être effectuée après chaque modification ou extension de la structure et de ses installations.

A) Cas des parafoudres à modules déconnectables

- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le module déconnectable hors service.
- Mettre en place un nouveau module.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation (*) des parafoudres (parafoudre en service).

(*) Signalisation qui donne l'état du parafoudre (lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée).

B) Parafoudres non déconnectables

- Consigner l'armoire électrique (ouverture du disjoncteur général de l'armoire et des disjoncteurs secondaires).
- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le parafoudre défectueux.
- Mettre en place un nouveau parafoudre.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation des parafoudres (parafoudre en service).
- Enlever la consignation de l'armoire (fermer le disjoncteur général, réenclencher les disjoncteurs secondaires un par un).

ANNEXE 3

Lexique

Armatures d'acier interconnectées	Armatures d'acier à l'intérieur d'une structure, considérées comme assurant une continuité électrique.
Barre d'équipotentialité	Barre permettant de relier à l'installation de protection contre la foudre les équipements métalliques, les masses, les lignes électriques et de télécommunications et d'autres câbles.
Borne ou barrette de coupure	Dispositif conçu et placé de manière à faciliter les essais et mesures électriques des éléments de l'installation de protection contre la foudre.
Conducteur (masse) de référence	Système de conducteurs servant de référence de potentiel à d'autres conducteurs. On parle souvent du "zéro volt".
Conducteur d'équipotentialité	Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.
Conducteur de descente	Conducteur chargé d'écouler à la terre le courant d'un coup de foudre direct. Il relie le dispositif de capture au réseau de terre.
Conducteur de protection (PE)	Conducteur destiné à relier les masses pour garantir la sécurité des personnes contre les chocs électriques.
Coup de foudre	Impact simple ou multiple de la foudre au sol.
Coup de foudre direct	Impact qui frappe directement la structure ou son installation de protection contre la foudre.
Coup de foudre indirect	Impact qui frappe à proximité de la structure et entraînant des effets conduits et induits dans et vers la structure.
Couplage	Mode de transmission d'une perturbation électromagnétique de la source à un circuit victime.
Dispositif de capture	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à capter les coups de foudre directs.
Distance de séparation	Distance minimale entre deux éléments conducteurs à l'intérieur de l'espace à protéger, telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse se produire entre eux.
Effet de couronne ou Corona	Ensemble des phénomènes d'ionisation liés au champ électrique au voisinage d'un conducteur ou d'une pointe.

Effet réducteur

Réduction des perturbations HF par la proximité du conducteur victime avec la masse. L'effet réducteur est le rapport de l'amplitude de la perturbation collectée par un câble non blindé ou loin des masses à celle collectée par le même câble blindé ou installé contre un conducteur de masse.

Electrode 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 décharge atmosphérique dans cette dernière.

Equipements métalliques

Éléments métalliques répartis dans l'espace à protéger, pouvant écouler une partie du courant de décharge atmosphérique tels que canalisations, escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées.

Etincelle dangereuse (étincelage)

Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger.

Foudre

Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).

Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)

Installation complète, permettant de protéger une structure contre les effets de la foudre. Elle comprend à la fois une installation extérieure (I.E.P.F.) et une installation intérieure de protection contre la foudre (I.I.P.F.)

Liaison équipotentielle

Éléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur.

Mode commun (MC)

Un courant de mode commun circule dans le même sens sur tous les conducteurs d'un câble. La différence de potentiels (d.d.p.) de MC d'un câble est celle entre le potentiel moyen de ses conducteurs et la masse. Le mode commun est aussi appelé mode longitudinal parallèle ou asymétrique.

Mode différentiel (MD)

Un courant de mode différentiel circule en opposition de phase sur les deux fils d'une liaison filaire, il ne se referme donc pas dans la masse. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série.

Niveau de protection	Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.
Parafoudre ou parasurtenseur	Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs.
Paratonnerre	Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.
P.D.A	Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.
Point d'impact	Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.
Prise de terre	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.
Régime de neutre	<p>Il caractérise le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur source et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation. Il est défini par deux lettres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première indique la position du neutre par rapport à la terre : I : neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance T : neutre directement à la terre • La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre : T : masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre) N : masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (N-S), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (N-C).
Réseau de masse	Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques.
Réseau de terre	Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé.

Résistance de terre

Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms (Ω), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site.

Surface équivalente

Surface de sol plat qui recevrait le même nombre d'impacts que la structure ou le bâtiment en question. Cette surface est toujours plus grande que la seule emprise au sol de l'ensemble à protéger. On la détermine en pratique en entourant fictivement le périmètre de cet ensemble par une bande horizontale, dont la largeur est égale à trois fois sa hauteur. Elle peut ensuite être corrigée en tenant compte des objets environnants : arbres, autres structures, susceptibles de dévier un coup de foudre vers eux.

Surtension

Variation importante de faible durée de la tension.

Tension de mode commun

Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun).

Tension différentielle

Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel).

Tension résiduelle d'un parafoudre

Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

TGBT

Tableau Général Basse Tension

Traceur

Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé.

333 cours du 3^{ème} Millénaire - 69800 SAINT-PRIEST - France
Bâtiment Le Pôle – 2^{ème} étage
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

8 rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)6 79 97 46 02
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com



ANALYSE DU RISQUE Foudre SELON NF EN 62305-2

ENTREPÔT DE STOCKAGE VARS (16)



ENTREPÔT DE STOCKAGE VARS (16)

Référence document
RGC 29 410

RESUME :

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre de l'**ENTREPÔT DE STOCKAGE** en projet sur la commune de **VARS** dans le département de la **Charente (16)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **ICE CONSEIL** dans le cadre de la prévention et de la protection contre le risque foudre.

Cette première étape est un des préalables pour rendre l'installation ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et de sa circulaire d'application du 24 avril 2008.

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : Nicolas ALNET Société : RG Consultant Date : 09/11/2023 Visa 	Nom : Martin GOIFFON Société : RG CONSULTANT Date : 20/11/2023 	A

DIFFUSION :

ICE CONSEIL 4 Impasse du Raquer 56610 ARRADON Email : contact@ice-conseil.fr www.ice-conseil.fr	RG CONSULTANT Arc Atlantique 8 rue Jean Jaurès 35000 Rennes Tél. : +332 30 02 79 98 Fax : +334 72 30 13 36 Email : info@rg-consultant.com	RG CONSULTANT 333 cours du 3ème Millénaire 69800 SAINT-PRIEST Bâtiment Le Pôle – 2ème étage Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 info@rg-consultant.com www.rg-consultant.com
--	---	--

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 29 410	09/11/2023	Analyse du Risque Foudre

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR ICE CONSEIL

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Non	
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	Rubrique 1510
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Non / Oui	
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	664_PC302-MASSE PROJET 664_PC302-Plan d'étage-Plan RDC
Plan de coupe	Oui	664_PC302-Coupe-Coupe 1 664_PC302-Coupe-Coupe 2 664_PC302-Coupe-Coupe 3 664_PC302-Coupe Bureaux_A3 100
Plan des façades	Non	
Plan de zonage ATEX	Non	

Tableau 1 : Liste des documents

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **ICE CONSEIL**, commanditaire de cette étude. En conséquence, la responsabilité de RG Consultant ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations fournies se révèlent incomplètes ou inexactes,
- Certaines installations ou process ne nous ont pas été présentés,
- La présentation de l'entreprise est effectuée dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement,
- Des changements majeurs sont effectués postérieurement à la rédaction de ce document.

Enfin, il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
1.1 OBJET	5
2. PRESENTATION GENERALE DU SITE	6
2.1 GENERALITES	6
2.2 PERSONNEL SUR SITE	8
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS	8
2.3.1 Réseau Normal	8
2.3.2 Réseau Secouru	8
2.3.1 Réseau Ondulé	8
2.3.2 Réseau photovoltaïque	8
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES	9
2.5 PROTECTION INCENDIE	9
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS	10
2.7 CHEMINEMENT DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE	10
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES	10
3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES	11
3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES	11
3.2 NORMES DE REFERENCES	11
4. MÉTHODOLOGIE	12
4.1 PRESENTATION GENERALE	12
4.2 LIMITE DE L'A.R.F	13
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1	13
5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES	16
5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES	16
5.2 POTENTIELS DE DANGER	16
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION	17
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS	18
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES	19
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE Foudre	20
6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre	21
6.1 DONNEES GENERALES	21
6.2 ENTREPOT DE STOCKAGE	23
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure	23
6.2.2 Données et caractéristiques des services	24
6.2.3 Données et caractéristiques de la zone	25
6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)	29
7. SYNTHÈSE	32

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse du risque foudre NF EN 62 305-2

Annexe 2 : Lexique

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Dans le cadre de la création pour le compte de la société **BREGER**, d'un **Entrepôt Logistique** basé sur la commune de **VARS**, une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

Le site est soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est donc concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

Le but de cette analyse est d'identifier si une protection externe ou interne contre la foudre est nécessaire ou pas. Si une protection s'impose, il s'agit de ramener le risque calculé en-dessous d'un niveau maximum tolérable par la mise en œuvre de mesures de protection et de prévention.

Ce document présente les résultats de cette Analyse de Risque Foudre (ARF) conforme à la norme NF EN 62305-2.

L'Étude Technique ultérieure permettra de définir précisément les solutions de protection contre la foudre (effets directs et indirects ainsi que dispositif de prévention).

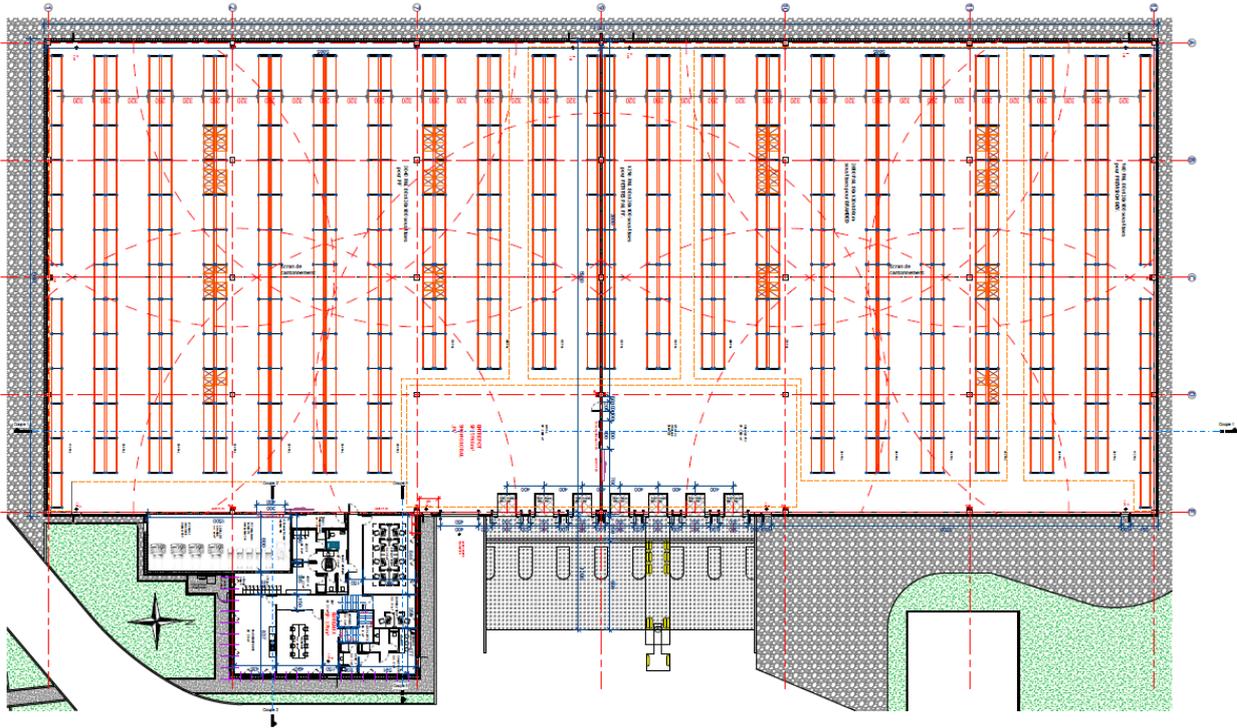
2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

2.1 Généralités

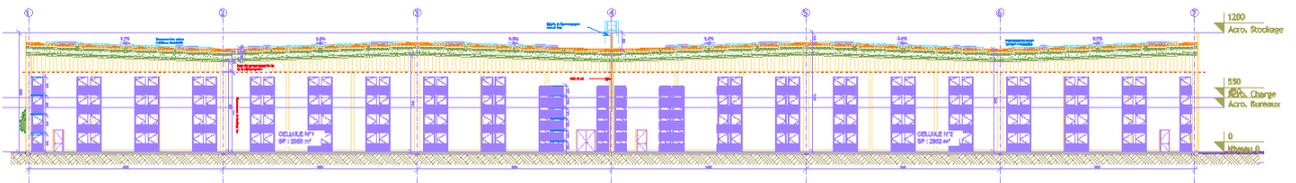
La société **BREGER** projette de réaliser un Entrepôt de Stockage, à l'adresse Les Coteaux de la Touche, sur la commune de **VARS (16)**.



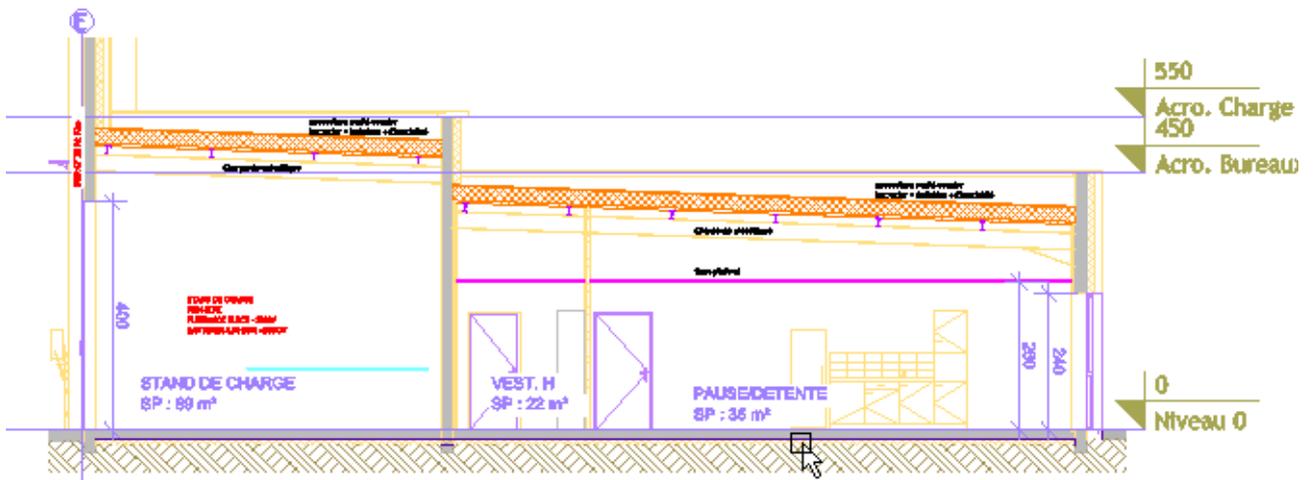
Plan 1 : Plan de masse du projet



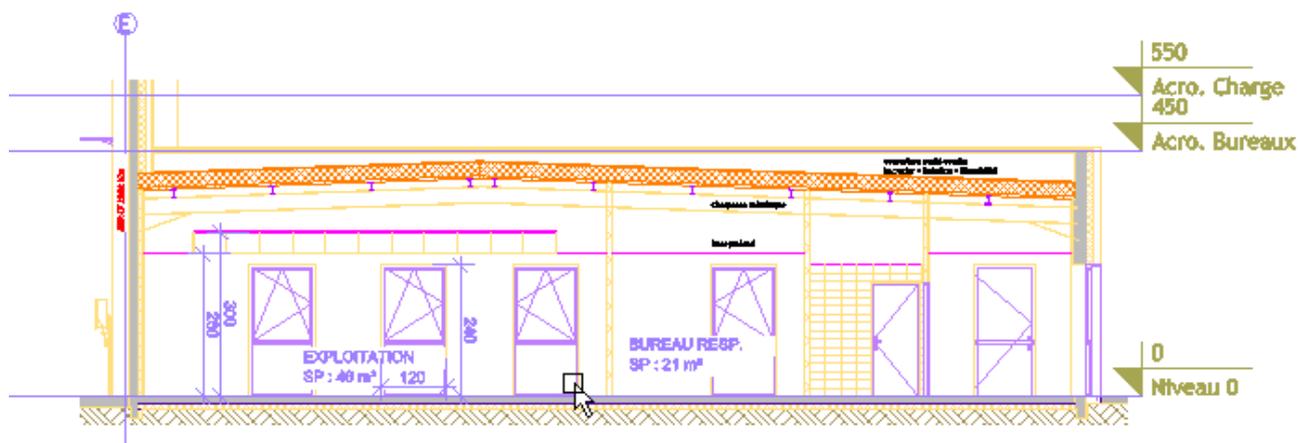
Plan 2 : Plan RDC



Plan 3 : Coupe 1



Plan 4 : Coupe 2 Bureaux



Plan 5 : Coupe 3 Bureaux

2.2 Personnel sur site

Nous sommes partis sur l'hypothèse suivante : le site aura un effectif total inférieur à 100 personnes.

2.3 Caractéristiques des courants forts

2.3.1 Réseau Normal

Le bâtiment sera alimenté au travers un travers un TGBT situé dans la zone de locaux technique et bureaux. Le TGBT étant alimenté depuis le réseau Enedis.

Le régime de neutre 410 V ne nous a pas été communiqué. Nous retenons par hypothèse un régime de neutre TT.

2.3.2 Réseau Secouru

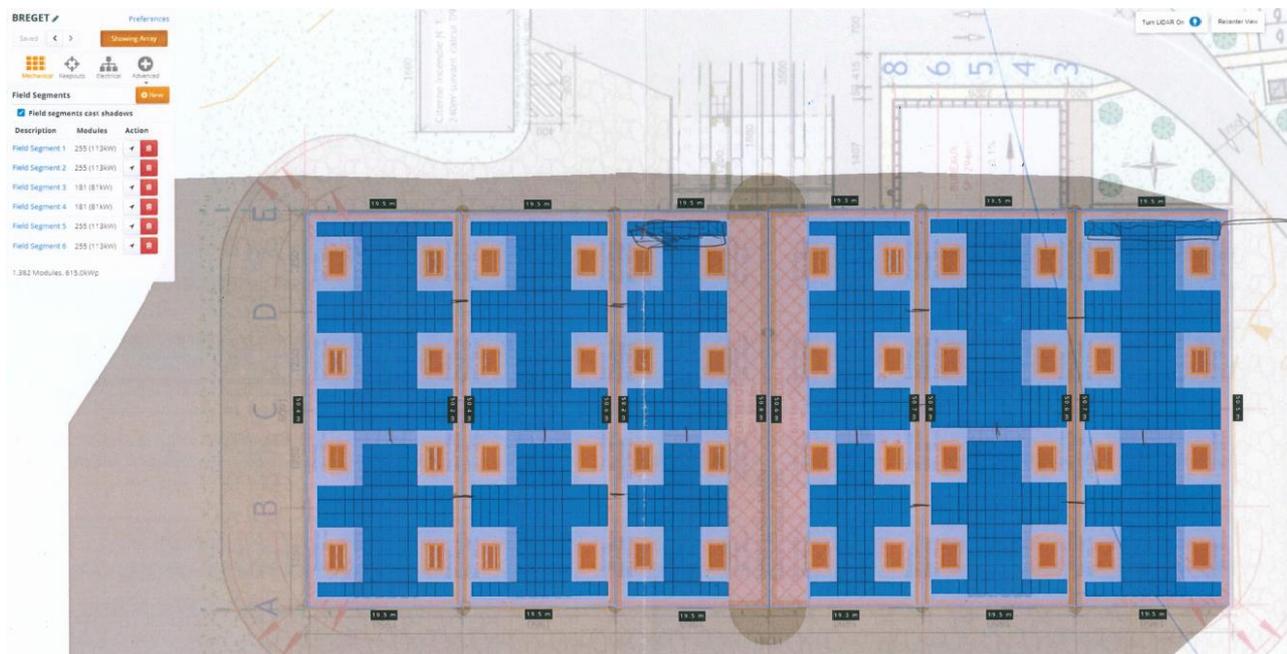
Le bâtiment est dépourvu de système de secours électrique de type groupe électrogène de sécurité.

2.3.1 Réseau Ondulé

Le bâtiment dispose d'un réseau ondulé sécurisant une partie des installations électriques du site. Les onduleurs étant situés dans le local TGBT / Onduleurs.

2.3.2 Réseau photovoltaïque

Le bâtiment accueillera en toiture des installations photovoltaïques, composés de 1 382 modules pour une puissance de 615 kwp.



Plan 6 : Plan de principe de l'installation photovoltaïque

2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le bâtiment sera raccordé aux réseaux téléphonique et informatique du site via :

- Une rocade fibre optique, pour la téléphonie et l'informatique.

Ce réseau arrivera dans le local Informatique du projet (Au milieu des bureaux). Sur le site, l'informatique et la gestion du process sont réalisées aux travers, différentes baies VDI, reliées entre elles par fibre optique et assurant en local le dispatching vers les équipements (Automates, ordinateurs...) par réseaux cuivre.

La fibre n'étant pas impactable par la foudre cette ligne ne sera donc pas prise en compte dans cette étude.

Il ne nous a pas été indiqué de ligne cuivre sortant du bâtiment.

2.5 Protection incendie

Le site sera doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- RIA,
- Borne Incendie,
- 2 Citernes Incendies
- Désenfumage,
- Détection incendie, détecteur de fumée, avertisseurs sonores, déclencheurs manuels et automatiques...
- Centrale de détection incendie,
- Murs coupe-feu REI 120 entre zones de stockage,
- Ecran de cantonnement.

2.6 Mise à la terre des installations

Le site possèdera un réseau de mise à la terre par boucle à fond de fouille, avec remonté dans les locaux électriques. La section du réseau n'est pas déterminée à ce stade de l'étude.

Un conducteur de liaison équipotentielle sera réalisé pour l'interconnexion et la continuité de terre des cheminements principaux du bâtiment pour les chemins de câbles par un câble en cuivre nu. Ce réseau permettant l'interconnexion des armoires et coffrets électriques de distribution et canalisations métalliques.

Des liaisons équipotentielles supplémentaires seront installées entre les conducteurs de liaison équipotentielles principaux, et toutes les masses métalliques de l'installation.

2.7 Cheminement des réseaux courants forts et faibles généraux du site

Zone	Lignes connectées			
	Nom	Longueur (m)	Relié à	Type
Entrepôt de Stockage	Alimentation BT	1000	Réseau Enedis	Souterrain
	Alimentation BT Photovoltaïque	200	Réseau photovoltaïque toiture	Aérien
	Borne de recharge IRVE	50	Parking	Souterrain
	Alimentation BT Éclairage extérieur	320	Éclairage extérieur	Souterrain

Tableau 2 : Réseaux

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

2.8 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Nature	Mise à la terre
Entrepôt de Stockage	Canalisations Eaux Usées	PVC, Béton	Non concerné
	Canalisations Eaux Pluviales	Métallique ou PVC	Non
	Canalisations AEP	PER, PEHD	Non concerné
	Canalisations RIA	PEHD en souterrain	Non concerné
	Canalisations CVC	Métallique	Non

Source : Selon Retour d'expérience.

Tableau 3 : Canalisations

3. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES

3.1 Textes réglementaires

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010.

3.2 Normes de références

NF EN 62 305-1 (C 17-100-1) – Novembre 2013 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

NF EN 62 305-2 (C 17-100-2) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

NF EN 62 305-3 (C 17-100-3) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

NF EN 62 305-4 (C 17-100-4) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Analyse du Risque Foudre doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application et comme décrit dans la norme NF EN 62 305-2.

La norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre – Partie 2 : Évaluation du risque » distingue trois types essentiels de dommages pouvant apparaître à la suite d'un coup de foudre :

- D1: blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas ;
- D2: dommages physiques (incendies, explosions, destructions mécaniques, émanations - chimiques) dus au courant de foudre, y compris les étincelles dangereuses ;
- D3: défaillances des réseaux internes dues à l'impulsion électromagnétique de foudre.

Chaque type de dommage peut entraîner des pertes différentes dans la structure à protéger. Les types de pertes dépendent des caractéristiques de la structure et de son contenu. 4 types de pertes sont pris en considération :

	Type de pertes		Risques tolérables (Rt)
R1	Perte de vie humaine	<	0,00001
R2	Perte de service public	<	0,001
R3	Perte d'héritage culturel	<	0,001
R4	Perte de valeurs économiques	<	0,001

Tableau 4 : Différents types de pertes

L'Analyse du Risque Foudre identifie :

- Les installations qui nécessitent une protection ainsi que le niveau de protection associé ;
- Les liaisons entrantes ou sortantes des structures (réseaux d'énergie, réseaux de communications, canalisations) qui nécessitent une protection ;
- La liste des équipements ou des fonctions à protéger ;
- Le besoin de prévention visant à limiter la durée des situations dangereuses et l'efficacité du système de détection d'orage éventuel.

L'Analyse du Risque Foudre n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). La définition de la protection à mettre en place (paratonnerre, cage maillée, nombre et type de parafoudres) et les vérifications du système de protection existant sont du ressort de l'étude technique.

L'Analyse du Risque Foudre ne permet pas au responsable de l'installation de faire installer un système de protection contre la foudre car les mesures de prévention et les dispositifs de protection ne sont pas encore définis lors de cette étape.

L'Analyse du risque foudre objet de ce document se conformera au plan suivant :

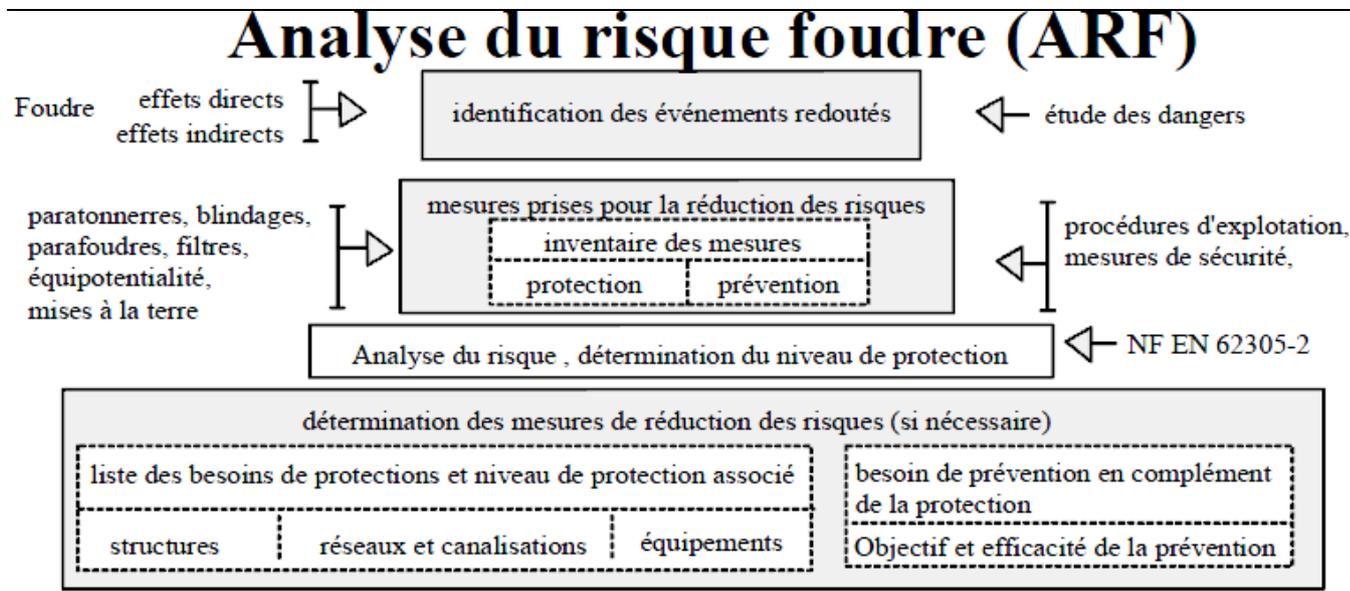


Figure 1: Structure de l'Analyse de Risque Foudre

4.2 Limite de l'A.R.F

Dans le cadre réglementaire de l'arrêté, seul le risque R1 (perte de vie humaine) au sens de la norme NF EN 62305-2 est étudié.

En effet :

- Le risque R2 est lié à la perte inacceptable de service public ; or aucun service public n'est touché par la dégradation éventuelle des installations concernées,
- Le risque R3 est lié à la perte d'éléments irremplaçables du patrimoine culturel ; il est habituellement évalué dans le cas de musées, d'églises ou de monuments historiques ; son intérêt n'est pas à retenir ici,
- Le risque R4 est lié à la perte économique ; il n'est pas pris en compte dans le cadre de cette analyse.

4.3 Principe de l'analyse probabiliste : Calcul de R1

- Détail du calcul

Le risque total calculé R1 est la somme des composantes des risques partiels : R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z appropriés, voir explication ci-dessous.

$$\begin{array}{ccccccc}
 R1 & = & R_A + R_B + R_C^* & + & R_M^* & + & R_U + R_V + R_W^* & + & R_Z^* \\
 & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & \text{Impact sur la structure} & & & & \text{Impact à proximité du service} & & \\
 & & & & \text{Impact sur le service} & & & & \text{Impact à proximité de la structure}
 \end{array}$$

(*) : Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux et autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent mettre en danger immédiat la vie humaine.

Chaque composante de risque R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W et R_Z , peut être exprimée par l'équation générale suivante :

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

Où

N désigne le nombre annuel d'évènements dangereux ou de coups de foudre

P est la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups provoquant ces dommages

L est un coefficient de pertes prenant en compte le type de dommage

Les huit composantes sont définies comme suit :

Source de dommage	Nature du risque	
Impact sur la structure (S1)	R_A	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas
	R_B	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_C	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité de la structure (S2)	R_M	Défaillances des réseaux internes
Impact sur un service connecté à la structure (S3)	R_U	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur
	R_V	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_W	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité d'un service connecté à la structure (S4)	R_Z	Défaillances des réseaux internes

Tableau 5 : Natures du risque

- Acceptabilité du risque

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable (R_T) à 10^{-5} . Le risque de dommages causés par la foudre est calculé et comparé à cette valeur.

Lorsque la valeur est supérieure au risque acceptable des solutions de protection et/ou de prévention sont introduites dans les calculs pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

Si $R_1 > R_T$

→ Il faut prévoir des mesures de protection pour réduire R_c afin qu'il soit \leq à R_T .

Si $R_1 \leq R_T$

→ Une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

Pour les besoins de la présente norme, 4 niveaux de protection (I, II, III, IV), correspondant aux paramètres minimum et maximum du courant de foudre, ont été définis pour une protection efficace dans, respectivement, 98 %, 95 %, 88 % et 81 % des cas.

- Mesures de réduction des risques

Les mesures de protection pour réduire les risques sont les suivantes :

Type de dommages	Mesures
Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas (D1)	- Isolation appropriée des éléments conducteurs exposés - Equipotentialité par un réseau de terre maillé - Restrictions physiques et panneaux d'avertissement
Dommages physiques (D2)	- Système de protection contre la foudre (SPF : IEPF-IIPF)
Défaillances des réseaux internes (D3)	- Ecrantage du câblage - Ecran magnétique - Cheminement des réseaux - Parafoudres associés ou coordonnés - Equipotentialité et mise à la terre

Tableau 6 : Mesures de protection pour réduire le risque

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

5.1 Situations réglementaires

Les activités Classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont les suivantes :

Rubrique	Désignation de la rubrique	Régime
1510	Entrepôts couverts...	Non communiqué
2925	Accumulateurs (ateliers de charge d').	Non communiqué

Tableau 7 : Rubriques ICPE

Certaines de ces rubriques sont visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié. Les installations qui les concernent sont donc soumises au respect des prescriptions de cet arrêté ministériel.

5.2 Potentiels de danger

Nous estimons qu'en raison des activités, les potentiels de dangers redoutés sont les suivants :

- **Entrepôt de stockage :**

Phénomène dangereux redoutés	Application	Paramètre (Lfe)
Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance	Non	Sans objet
Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE),	Non	Sans objet
Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression	Non	Sans objet
Contamination de l'environnement par incendie, déversement ou combustion de produit chimique	Non	Sans objet
Risque pour l'homme en cas d'inhalation de produits chimique	Non	Sans objet
Incendie	Oui	Concerné : Flux thermique sortants du bâtiment
Une perte du réseau CVC	Non	Sans objet
Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication	Oui	Sans objet
Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique	Non	Sans objet

Tableau 8 : Phénomènes redoutés

5.3 Zones à risques d'explosion

Il ne nous a pas été indiqué de zone ATEX sur le bâtiment de stockage, les locaux de charge sont équipés d'un système d'extraction d'air forcé asservit à une détection d'hydrogène et contrôlant la charge des batteries. En cas d'alarme ou de défaut sur le système de ventilation, la charge de batterie est impossible.

Pour rappel, suivant la norme NF EN 62 305 :

- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 1 ou 21 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie élevé,
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 2 ou 22 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie faible, sauf si la charge calorifique du bâtiment, indique un risque d'incendie supérieur.
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 0 ou 20, le risque d'explosion est retenu, sauf si la zone est contenue dans une structure métallique d'épaisseur conforme à la NF EN 62305-3, ou si la zone ne peut être rencontrée à l'extérieur des installations. (Zone ne pouvant être directement impactable par la foudre)

Pour le site, il ne sera donc pas retenu de risque ATEX sur les locaux étudiés.

5.4 Evénements initiateurs

La foudre est un phénomène violent et fortement énergétique à son point d'impact.

Elle peut soit :

- **Faire exploser ou enflammer** des produits inflammables,
- **Perforer ou échauffer** des matériaux conducteurs,
- **Faire exploser** (par vaporisation de l'eau contenue) des matériaux diélectriques.

Inflammation ou explosion d'un nuage gaz
<p style="text-align: center;">Ce cas peut arriver par impact direct dans un volume de vapeur ou de gaz. La température de l'arc (30 000°) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion. Il est aggravant dans toutes les zones explosibles externes.</p>
Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques
<p style="text-align: center;">Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm²) la température est telle qu'elle entraîne une fusion du métal en présence. La durée d'activation est courte, quelques secondes. Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm, et à proximité des zones explosibles ou inflammables.</p>
Étincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux
<p style="text-align: center;">Ce cas peut intervenir si les structures d'écoulement du courant de foudre capté et les structures métalliques proches qui sont au potentiel de la terre, sont à une distance inférieure à la distance de sécurité. Il est aggravant s'il intervient dans toute zone explosible ou inflammable, ou s'il détruit un équipement de sécurité. Il est aggravant pour les joints isolants de canalisations.</p>
Percement de conteneur ou de canalisation
<p style="text-align: center;">Ce cas peut intervenir sur impact direct d'une canalisation métallique ou d'une cuve dont l'épaisseur n'est pas suffisante pour résister à la fusion. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm.</p>
Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment
<p style="text-align: center;">Ce cas peut se produire par explosion à l'impact des matériaux non conducteurs utilisés dans la structure ou par incendie des matériaux constitutifs sur courant de suite. Il est aggravant dans le cas de structures entièrement construites avec des pierres, du bois avec un risque pour le personnel interne.</p>
Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment
<p style="text-align: center;">Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les événements, les capteurs disposés en hauteur... Il est aggravant si ces équipements contribuent à la sécurité du site, si la collecte du courant de foudre vient à détruire un équipement IPS ou conduire à un étincelage en zone explosible ou inflammable.</p>
Surtensions électriques par effets directs ou indirects
<p style="text-align: center;">Ce cas peut intervenir en cas de circuits électriques exposés comme les lignes aériennes ou ceux présentant des boucles importantes de capture du champ électromagnétique rayonné par la foudre. Il peut intervenir également en cas de différences de potentiel de terre sur un impact de foudre proche. Il est aggravant pour les équipements qui contribuent à la sécurité du site. Il l'est surtout dans le cas de claquages ou courts-circuits qui interviendraient dans une zone explosible.</p>
Effets sur les personnes
<p style="text-align: center;">Ce cas peut intervenir en cas de coup direct ou de tension de pas ou de toucher, d'une personne exposée au voisinage d'une structure impactée. Ce cas n'est pas lié aux effets sur l'environnement mais à ceux liés à un impact direct à proximité. Il est dans tous les cas aggravant.</p>

Tableau 9 : Interaction foudre/équipements

5.5 Mesures de maîtrise des risques

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte. La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
Extincteur	Non
RIA	Non
Surpresseur RIA	Oui
Centrale de détection incendie (Si existant)	Oui
Centrale de détection gaz (Locaux de charge)	Non (Sécurité positive. Coupure de la charge en cas de détection ou arrêt de la ventilation forcée)

Tableau 10 : Liste des équipements de sécurité

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le Maître d'ouvrage.

5.6 Installations à prendre en compte dans l'analyse de risque foudre

En fonction de leurs tailles et de leurs caractéristiques, les structures sont traitées de façon statistique ou de façon déterministe. L'approche déterministe est pertinente pour les structures ouvertes ou de petites dimensions ou pour les structures métalliques (par exemple tuyauteries).

Bâtiments / Installations	Traitement statistique selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe ¹
Entrepôt de Stockage	X	

Tableau 11 : Installations à étudier dans l'ARF

Méthode déterministe¹ :

Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local. Par conséquent, quelle que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme **Important Pour la Sécurité**, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

Lorsque la norme NF EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié telles que les cheminées, aéro-réfrigérants racks, stockages extérieurs,...) cette méthode est choisie.

6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre

6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour la commune de VARs (16) données fournies par la Météorage (voir carte ci -dessous)	Nsg = 1,05 (coups de foudre / km ² / an)

Tableau 12 : Données pour le calcul du risque foudre

Résumé



Ville :

VARs (16393)

Superficie :

27,98 km²

Période d'analyse :

1 janvier 2013 - 31 décembre 2022

Statistiques du foudroiement

➔ **N_{SG} : 1,05 impacts/km²/an**



Indice de confiance statistique : **Excellent** ⓘ

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,94 - 1,18].

➔ **Nombre de jours d'orage : 13 jours par an**

N_{SG} : valeur normative de référence (NF EN 62858 – NF C 17-858)

Figure 2: Nsg suivant la carte de Météorage

Définition des zones

La norme NF EN 62305-2 permet le découpage des bâtiments en différentes zones, selon plusieurs conditions citées ci-dessous :

- La zone concernée est une partie verticale séparée du bâtiment,
- Le bâtiment est une structure sans risque d'explosion,
- La propagation du feu entre chaque zone du bâtiment est évitée au moyen de murs coupe-feu de 120 min (REI 120) ou au moyen d'autres mesures de protection équivalente,
- La propagation des surtensions le long des lignes communes, s'il y en a, est évitée au moyen de parafoudres installés aux points d'entrées de ces lignes dans la structure ou au moyen d'autres mesures de protection équivalentes.

L'étude technique devra préconiser les parafoudres nécessaires afin de répondre à la dernière condition.

Le bâtiment répondant aux conditions précédentes, l'Analyse de Risque Foudre sera réalisée sur la plus grande cellule, la **cellule 1**. Le niveau de risque obtenu sera appliqué à tout le bâtiment : Cellules et Bureaux.



Figure 3: Découpage en cellule du site

6.2 Entrepôt de Stockage

6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Dimensions	L x W x H _b	58,5 x 51 x 12 m	Longueur x Largeur x Hauteur
Aire équivalente	A _{d/b}	1,49E+04 m ²	Surface d'exposition aux impacts
Emplacement de la structure	C _{d/b}	0,5	Entouré d'objets plus petits
Protection existante contre les effets directs	P _B	1	Structure non protégée par SPF
Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure	K _{S1}	1	Aucun blindage

Tableau 13 : Données et caractéristiques de la structure

Justification des paramètres encodés

Paramètre C_{d/b} (facteur d'emplacement)

Présence de structures ou d'arbres de hauteur inférieur à proximité, dans un rayon égal à 3 fois la hauteur du bâtiment étudié.

Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

Paramètre P_B (probabilité de dommages physiques sur une structure)

Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1

Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R_T des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

Paramètre K_{S1} (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)

La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	$L_a \times W_a \times H_a$	C_i	C_e	U_w	K_{s3}	P_{SPD}
1	Alimentation BT	1000	-	0,1	0,5	4kV	0,01	1
2	Alimentation BT Photovoltaïque	200	107 x 50 x 1 m	0,1	1	4kV	0,01	1
3	Borne de recharge IRVE	50	0,5 x 0,3 x 1,5	0,1	0,5	2,5kV	0,01	1
4	Distribution BT Éclairage extérieur	320	-	0,1	0,5	2,5kV	0,01	1

Tableau 14 : Données et caractéristiques des services

Nota : Les lignes étudiées correspondent à la zone de l'analyse de risque foudre.

Justification des paramètres encodés

Paramètre L_c (Longueur de la section du service)

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

Nous indiquons la valeur 1000 m par défaut lorsque la longueur n'est pas connue.

Paramètres L_a , W_a , H_a (caractéristiques de la structure adjacente)

La valeur indiquée correspond aux dimensions du bâtiment raccordé à la ligne.

Paramètre C_i (facteur d'installation de la ligne)

Les lignes sont enterrées, nous indiquons la valeur 0,5.

Les lignes sont aériennes, nous indiquons la valeur 1.

Paramètre C_e (facteur d'environnement de ligne)

Le bâtiment se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m. Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

Paramètre U_w (Tension de tenue au choc des matériels)

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 4 kV pour les lignes d'alimentation BT et 2,5 kV pour les équipements BT.

Paramètre K_{s3} (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)

Pour la ligne de puissance et de communication, nous choisissons la valeur $K_{s3} = 0,01$ car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².

Paramètre P_{SPD} (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)

Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.3 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	r_a / r_u	0,01	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	P_{TU}	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	P_{TA}	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	r_p	0,5	Manuel
Risque d'incendie de la structure	r_f	0,1	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	L_f	0,042	Stockage Industriel
Présence d'un danger particulier	h_z	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)	L_o	0	SO
Durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure	t_e	0,25	Personnes travaillant sur le site
Risque environnemental	LFE	0,05	Flux thermique restant dans les limites du site

Tableau 15 : Données et caractéristiques de la zone

Paramètre r_a / r_u (facteur de réduction associé au type de sol)

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

⁽¹⁾ Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

Tableau 16 : Paramètre r_a / r_u

Paramètre P_{TU} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre P_{TA} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre r_p (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)

Le site est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

Paramètre r_f (facteur de réduction associé au risque d'incendie)

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante représenté par les palettes en bois, (pour rappel la charge calorifique d'une palette est de 1300 MJ/m³).

La valeur est = 0,1.

Le calcul des charges calorifiques est fait à l'aide des données mentionnées dans le logiciel Jupiter 2.0.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaître les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

Risque	Faible	Ordinaire	Elevé
Charge calorifique	<400MJ/m ²	400MJ/m ² < <800MJ/m ²	>800MJ/m ²

Tableau 17 : Paramètre r_f

Paramètre L_f (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)

Type de Structure	L_f
Bâtiment agricole, Ensemble d'appartements, Grande Maison, Hôpital, Hôtel, Nurserie /Jardin d'enfants, Poste de Police et Dépôt d'ambulances, Prison, Risque d'explosion.	0,1
Bâtiment d'Aéroport, Gare.	0,075
Accueil de Loisirs.	0,067
Boutique / Ensemble de Boutiques, Cathédrale, Lieu de Culte, Musée, Stade compris ceux accueillant des concerts, Théâtre.	0,05
Bâtiment Commercial/Ensemble de bureaux, Grand magasin/Grandes surface, Stockage Industriel, Université.	0,042
Equipement GSM, Ruines classées.	0,04
Bâtiment gazier, Bâtiment médical, Bâtiment recevant du public, Bâtiment télécom, Centre commercial, Ecole, Traitement des eaux.	0,033
Site industriel (Cas général. Applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,02
Autres bâtiments et structures	0,01
Site industriel (Structure comprenant de nombreux éléments métalliques comme des tuyaux ou éléments structurels, permettant au courant de foudre de se disperser sans causer de larges dommages. Applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,005
Site Industriel (structure en béton armé ou avec surface métallique conforme au tableau 3 de la 62305-3), quand le dommage au point d'impact reste limité et ne crée pas de dommage additionnel, applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,001

Tableau 18 : Paramètre L_f

Paramètre h_z (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)

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

Tableau 19 : Paramètre h_z

Paramètre L_o (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

Nous indiquons la valeur $L_o = 0$.

Paramètre L_{FE} (pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure)

Le L_{FE} est le pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure. Le calcul de ces pertes est basé sur la connaissance des paramètres : L_{FE} et de t_e ; t_e est la durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure en utilisant les formules suivantes :

$$LBE = LVE = rf \times rp \times LFE \times te / 8\ 760$$

$$LCE = LME = LWE = LZE = rf \times rp \times (LFE/10) \times te / 8\ 760$$

Lorsque la durée t_e n'est pas connue, utiliser le tableau suivant :

TYPE D'ENVIRONNEMENT	$t_e / 8\ 760$
Voies navigables	0,1
Utilisation temporaire	0,1
Personnes travaillant dans l'enceinte du site	0,25
Voies ferrées	0,25
Terrain non bâti et zones peu fréquentées (champs, prairies, forêts, terrains vagues, marais, jardins horticoles, jardins, vignes, zones de pêche, gare de marchandises et de triage...)	0,25
Présence de public	0,5
Zones fréquentées et très fréquentées (parking, parcs, zone de baignade surveillée, terrains de sport, etc.)	0,5
Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas en général du public)	0,75
Chemins et chemins piétonniers	0,75
Site avec rondiers ou fonctionnement du site avec plus d'une équipe (2x8 ou 3x8)	1
Résidences	1
Voies de circulation automobiles (départementales, nationales, voies rapides, périphériques et autoroutes)	1

Tableau 20 : Tableau $t_e/8760$ suivant note Qualifoudre n° 4

Lorsque le risque environnemental hors de la structure est connu, prendre l'un des scénarios majorant suivant :

RISQUE ENVIRONNEMENTAL Scénarios		VALEURS DE L_{FE}	
		restant dans les limites du site	sortant des limites du site
Explosion et surpression	la surpression > 50 hPa	0.25	0.5
Flux thermique	le flux thermique par surface > 3 kW/m ²	0.05	0.1
Fumées toxiques (1)		0.1	1.0
Pollution du sol (1)		0.1	0.5
Pollution de l'eau (1)		0.25 (2)	2.5
Matière radioactive (1), (3), (4)		0.5	5

Note 1 : En cas d'utilisation d'une détection d'orage caractérisée par une efficacité PTWS, les valeurs de L_{FE} dans les limites du site sont multipliées par $(1 - PTWS)$ dans la mesure où une procédure associée existe et permet la mise en sécurité des personnes dans l'enceinte du site.

Note 2 : le bris de vitres (explosion avec effet limité) sont exclus de cette analyse et doivent être traités, si nécessaire, par des mesures de protection adaptées.

- (1) Ces valeurs maximales peuvent être réduites en se basant sur la quantité de polluant, le danger de celui-ci et la sensibilité de l'environnement.
- (2) Uniquement si la pollution peut atteindre la nappe phréatique, les cours d'eaux ou des mers et océans.
- (3) Ceci peut ne pas être applicable quand une étude spécifique incluant tous les scénarii a été réalisée. C'est le cas par exemple des centrales nucléaires, pour lesquelles des études spécifiques sont réalisées et rendent la méthode ci-dessus inutile.
- (4) Ceci n'est pas applicable aux sources scellées (par exemple utilisées dans les hôpitaux, les équipements de mesures ou les appareils médicaux).

Tableau 21 : Paramètre LFE suivant note Qualifoudre n° 4

6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

Sans protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Entrepôt de Stockage	6,25 E ⁻⁵	>	1 x 10 ⁻⁵

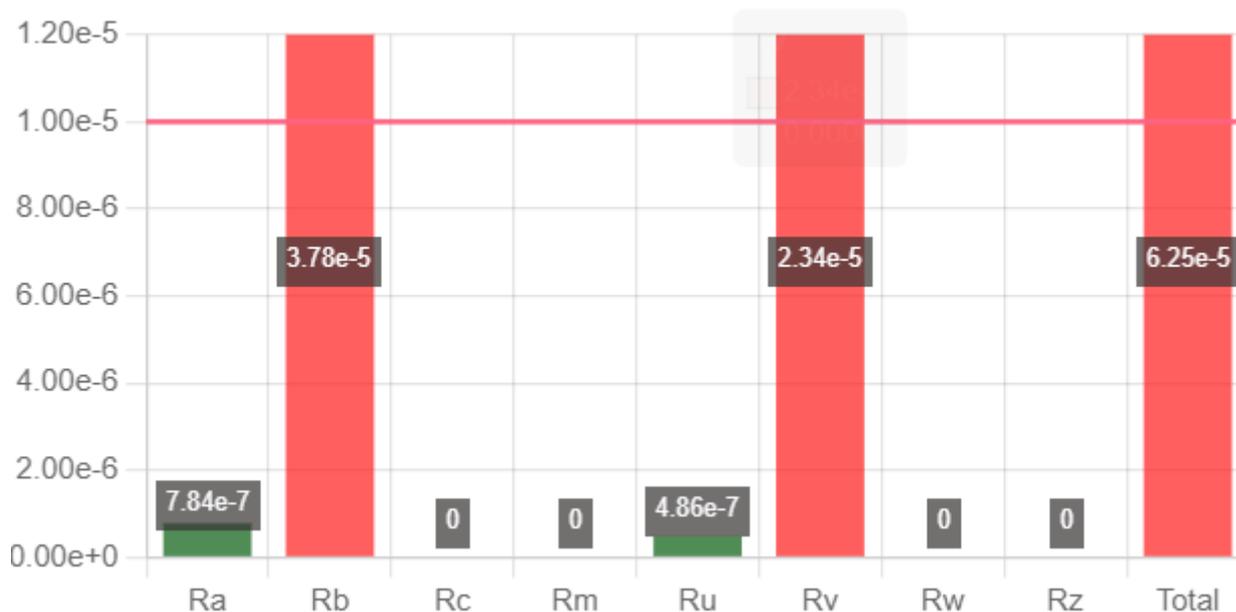


Figure 4: Résultat du calcul du risque R1 sans protections

L'Entrepôt de Stockage n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

Il y a donc lieu de procéder à la mise en œuvre de mesures de protection afin que le risque calculé R1 soit < risque tolérable Rt1.

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Entrepôt de Stockage	8,92 x 10 ⁻⁶	<	1 x 10 ⁻⁵

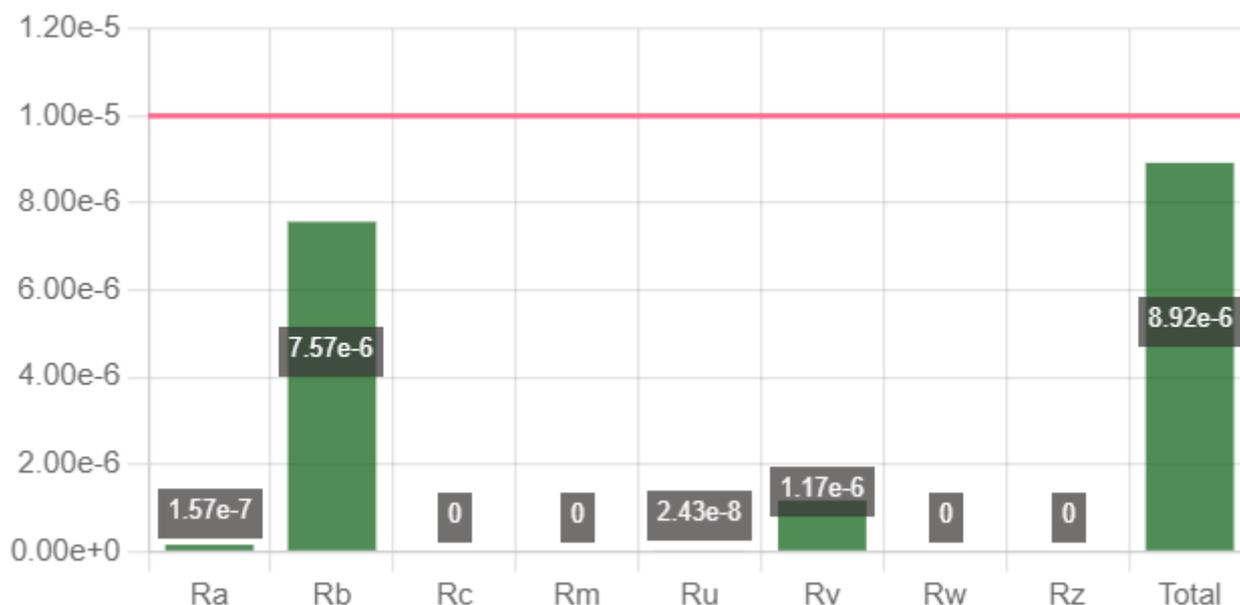


Figure 5: Résultat du calcul du risque R1 avec protections

L'Entrepôt de Stockage a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après la mise en place de protections contre la foudre.

Choix des mesures de protection

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **R_B** et **R_V**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Mesures de protection								
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X ¹⁾	X	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X
<p>¹⁾ Dans le cas de SPF naturel ou normalisé avec une distance entre conducteurs de descente inférieures à 10 m ou si une séparation physique n'est pas prévue, le risque lié à des blessures pour les êtres vivants dû à des tensions de contact et de pas est négligeable.</p> <p>²⁾ Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.</p> <p>³⁾ En raison des équipotentialités.</p>								

Tableau 22 : Choix des protections foudre

Afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable, il faut mettre en place :

Un système de protection contre la foudre SPF de niveau IV pour les effets directs de la foudre (protection externe sur la structure) et de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance).

7. SYNTHÈSE

Cette Analyse de Risque Foudre a permis d'évaluer les risques et de déterminer les niveaux de protection à mettre en œuvre.

- Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

Structure	Protection effets directs	Protection effets indirects
Entrepôt de Stockage	Protection de niveau IV	Protection de niveau IV

Tableau 23: Synthèse des protections foudre

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

Structure	Organes de sécurité
Entrepôt de Stockage	Centrale de détection incendie
	Surpresseur Incendie

Tableau 24: Synthèse des MMR

- Des liaisons équipotentielle sont à prévoir pour les canalisations suivantes (si métalliques):

Zone	Nom
Entrepôt de Stockage	Canalisations Eaux Pluviales
	Canalisations CVC

Tableau 25: Synthèse des liaisons équipotentielles à prévoir

Prévention : L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'un système de détection d'orages. Néanmoins, A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

L'Étude Technique, deuxième étape de la réglementation, permettra d'établir les préconisations spécifiques de protection contre les effets directs et indirects nécessaires. Elle apportera également des conseils vis-à-vis de la démarche de prévention.

NOTA :

« Une installation de protection contre la foudre, conçue et installée conformément aux présentes normes, ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes et des biens, et de l'Environnement. Néanmoins, l'application de celles-ci doit réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les équipements, structures et des hommes ».

ANNEXE 1

Analyse du Risque Foudre

NF EN 62305-2

**L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel PROTECRISK 2.0
conforme à la norme NF EN 62305-2**

Entrepôt de Stockage VARS

Évaluation des risques Sélection des mesures de protection

R1 = 8.92E-6
----- Ra -----
Ra = 1.57E-7
Ra : Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)
Nd = 7.84E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
Ng = 1.05E+
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ad = 1.49E+4
Ad : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Principale
L = 5.85E+1
L : Longueur
W = 5.10E+1
W : Largeur
H = 1.20E+1
H : Hauteur
Cd = 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
Pa = 2.00E-1
Pa : Probabilité de blessures d'êtres vivants par choc électrique
Pta = 1.00E+
Pta : Probabilité de réduction de PA en fonction des mesures de protection
Pb = 2.00E-1
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)
La_Lu = 1.00E-4
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3

nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
----- Rb -----
Rb = 7.57E-6
Rb : Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)
Nd = 7.84E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
Ng = 1.05E+
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ad = 1.49E+4
Ad : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Principale
L = 5.85E+1
L : Longueur
W = 5.10E+1
W : Largeur
H = 1.20E+1
H : Hauteur
Cd = 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
Pb = 2.00E-1
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure
Lbt_Lvt = 4.83E-3
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 4.20E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages

physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 4.20E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 5.00E-2
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 2.50E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
----- Rc -----
Rc = 0.00E+
Rc : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)
Nd = 7.84E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol
Ad = 1.49E+4
 Ad : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Principale
L = 5.85E+1
 L : Longueur
W = 5.10E+1
 W : Largeur
H = 1.20E+1
 H : Hauteur
Cd = 5.00E-1
 Cd : Facteur d'emplacement
Pc = 1.00E+
 Pc : Cumul des Pc pour la structure
Pc_Alimentation-BT = 1.00E+
 Pc_Alimentation-BT : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Alimentation-BT-Photovoltaïque = 1.00E+
 Pc_Alimentation-BT-Photovoltaïque : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Photovoltaïque
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Distribution-BT-Borne-de-recharge-IRVE = 1.00E+
 Pc_Distribution-BT-Borne-de-recharge-IRVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Distribution-BT-Borne-de-recharge-IRVE
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à

la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Distribution-BT-Eclairage-Exterieur = 1.00E+
 Pc_Distribution-BT-Eclairage-Exterieur : Probabilité de défaillances des réseaux internes Distribution-BT-Eclairage-Exterieur
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
 ----- Rm -----
Rm = 0.00E+
 Rm : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)
Nm = 9.40E-1
 Nm : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Am = 8.95E+5
 Am : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure

L = 5.85E+1
 L : Longueur
W = 5.10E+1
 W : Largeur
Pm = 4.45E-5
 Pm : Cumul des Pm pour la structure
Pm_Alimentation-BT = 6.25E-6
 Pm_Alimentation-BT : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 6.25E-6
 Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
 Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
 wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
 Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
 wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
 Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 2.50E-1
 Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 4.00E+
 Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Alimentation-BT-Photovoltaïque = 6.25E-6
 Pm_Alimentation-BT-Photovoltaïque : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Photovoltaïque
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 6.25E-6
 Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
 Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
 wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+

Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure

wm = 0.00E+

wm : Largeur de la maille

Ks3 = 1.00E-2

Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne

Ks4 = 2.50E-1

Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau

Uw = 4.00E+

Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger

Pm_Distribution-BT-Borne-de-recharge-IRVE = 1.60E-5

Pm_Distribution-BT-Borne-de-recharge-IRVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Distribution-BT-Borne-de-recharge-IRVE

Pparafoudre = 1.00E+

Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés

Pms = 1.60E-5

Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel

Ks1 = 1.00E+

Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure

wm = 0.00E+

wm : Largeur de la maille

Ks2 = 1.00E+

Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure

wm = 0.00E+

wm : Largeur de la maille

Ks3 = 1.00E-2

Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne

Ks4 = 4.00E-1

Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau

Uw = 2.50E+

Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger

Pm_Distribution-BT-Eclairage-Exterieur = 1.60E-5

Pm_Distribution-BT-Eclairage-Exterieur : Probabilité de défaillances des réseaux internes Distribution-BT-Eclairage-Exterieur

Pparafoudre = 1.00E+

Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés

Pms = 1.60E-5

Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel

Ks1 = 1.00E+

Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure

wm = 0.00E+

wm : Largeur de la maille

Ks2 = 1.00E+

Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure

wm = 0.00E+

wm : Largeur de la maille

Ks3 = 1.00E-2

Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne

Ks4 = 4.00E-1

Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau

Uw = 2.50E+

Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger

Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+

Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes

Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+

Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes

Lo1 = 0.00E+

Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes

nz = 0.00E+

nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)

nt = 8.76E+3

nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.

tz = 0.00E+

tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux

----- Ru -----

Ru = 2.43E-8

Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)

Ru = 1.05E-8

Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT

NI = 2.10E-3

NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service

Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol

AI = 4.00E+4

AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service

LI = 1.00E+3

LI : Longueur du service

Ci = 5.00E-1

Ci : Facteur d'installation du service

Ce = 1.00E-1

Ce : Facteur d'environnement du service

Ct = 1.00E+

Ct : Facteur de type de service

Ndj = 0.00E+

Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente

Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol

Adj = 0.00E+

Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente

Lj = 0.00E+

Lj : Longueur structure adjacente

Wj = 0.00E+

Wj : Largeur structure adjacente

Hj = 0.00E+

Hj : Hauteur structure adjacente

Cdj = 2.50E-1

Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente

Ct = 1.00E+

Ct : Facteur de type de service

Pu = 5.00E-2

Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants

Ptu = 1.00E+

Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.

PeB = 5.00E-2

PeB : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)

Pld = 1.00E+

Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de

la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 1.00E-4
 La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
 rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
 Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 1.25E-8
 Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Photovoltaïque
NI = 8.40E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 8.00E+3
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 2.00E+2
 LI : Longueur du service
Ci = 1.00E+
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 1.66E-3
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente

Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 6.32E+3
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 1.07E+2
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 5.00E+1
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 1.00E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
 Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
 Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
 Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 1.00E-4
 La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
 rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
 Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3

nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 6.18E-1
 Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Distribution BT Borne de recharge IRVE
NI = 1.05E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 2.00E+3
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 5.00E+1
 LI : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 1.86E-5
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 7.10E+1
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 5.00E-1
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 3.00E-1
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 1.50E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
 Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
 Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions

de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.

Peb = 5.00E-2

Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)

Pld = 1.00E+

Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)

Cld = 1.00E+

Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service

La_Lu = 1.00E-4

La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique

rt = 1.00E-2

rt : Facteur de réduction associé au type de sol

Lt = 1.00E-2

Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique

nz = 0.00E+

nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)

nt = 8.76E+3

nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.

tz = 0.00E+

tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux

Ru = 6.72E-1

Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) :

Distribution BT Eclairage Extérieur

NI = 1.34E-4

NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service

Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol

Al = 1.28E+4

Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service

LI = 3.20E+2

LI : Longueur du service

Ci = 5.00E-1

Ci : Facteur d'installation du service

Ce = 1.00E-1

Ce : Facteur d'environnement du service

Ct = 2.00E-1

Ct : Facteur de type de service

Ndj = 0.00E+

Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente

Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol

Adj = 0.00E+

Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente

Lj = 0.00E+

Lj : Longueur structure adjacente

Wj = 0.00E+

Wj : Largeur structure adjacente

Hj = 0.00E+

Hj : Hauteur structure adjacente

Cdj = 2.50E-1

Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente

Ct = 2.00E-1

Ct : Facteur de type de service

Pu = 5.00E-2

Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants

Ptu = 1.00E+

Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.

Peb = 5.00E-2

Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)

Pld = 1.00E+

Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)

Cld = 1.00E+

Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service

La_Lu = 1.00E-4

La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique

rt = 1.00E-2

rt : Facteur de réduction associé au type de sol

Lt = 1.00E-2

Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique

nz = 0.00E+

nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)

nt = 8.76E+3

nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.

tz = 0.00E+

tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux

----- Rv -----

Rv = 1.17E-6

Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)

Rv = 5.07E-7

Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT

NI = 2.10E-3

NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service

Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol

Al = 4.00E+4

Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service

LI = 1.00E+3

LI : Longueur du service

Ci = 5.00E-1

Ci : Facteur d'installation du service

Ce = 1.00E-1

Ce : Facteur d'environnement du service

Ct = 1.00E+

Ct : Facteur de type de service

Ndj = 0.00E+

Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente

Ng = 1.05E+

Ng : Densité de foudroiement au sol

Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
PeB = 5.00E-2
PeB : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
PlD = 1.00E+
PlD : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
CId = 1.00E+
CId : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 4.83E-3
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 4.20E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 4.20E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+

nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 5.00E-2
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 2.50E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 6.03E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Photovoltaïque
NI = 8.40E-4
NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 8.00E+3
AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 2.00E+2
LI : Longueur du service
Ci = 1.00E+
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service

Ndj = 1.66E-3
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 6.32E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 1.07E+2
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 5.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 1.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
PeB = 5.00E-2
PeB : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
PlD = 1.00E+
PlD : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
CId = 1.00E+
CId : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 4.83E-3
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 4.20E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages

physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 4.20E-2
 Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
 Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
 rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
 rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 5.00E-2
 lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 2.50E-1
 te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 2.98E-8
 Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Distribution BT Borne de recharge IRVE
NI = 1.05E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 2.00E+3
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 5.00E+1
 LI : Longueur du service
Ci = 5.00E-1

Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 1.86E-5
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 7.10E+1
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 5.00E-1
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 3.00E-1
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 1.50E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
 Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
 Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 4.83E-3
 Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 4.20E-3
 Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
 rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1

rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
 hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 4.20E-2
 Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
 Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
 rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
 rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 5.00E-2
 lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 2.50E-1
 te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 3.24E-8
 Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Distribution BT Eclairage Extérieur
NI = 1.34E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol

AI = 1.28E+4
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 3.20E+2
 LI : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 2.00E-1
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroïement au sol
Adj = 0.00E+
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 2.00E-1
 Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
 Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
 Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 4.83E-3
 Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 4.20E-3

Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
 rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
 rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
 hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 4.20E-2
 Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
 Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
 rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-1
 rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 5.00E-2
 lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 2.50E-1
 te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
 ----- Rw -----
Rw = 0.00E+
 Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux

internes (impacts sur le service connecté)
Rw = 0.00E+
 Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT
NI = 2.10E-3
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroïement au sol
AI = 4.00E+4
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 1.00E+3
 LI : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroïement au sol
Adj = 0.00E+
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
 Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de

la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
 Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Photovoltaïque
NI = 8.40E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 8.00E+3
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 2.00E+2
 LI : Longueur du service
Ci = 1.00E+
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 1.66E-3
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de

foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 6.32E+3
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 1.07E+2
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 5.00E+1
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 1.00E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
 Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes

sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
 Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Distribution BT Borne de recharge IRVE
NI = 1.05E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 2.00E+3
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 5.00E+1
 LI : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 1.86E-5
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 7.10E+1
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 5.00E-1
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 3.00E-1
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 1.50E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
 Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de

la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
 Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Distribution BT Eclairage Extérieur
NI = 1.34E-4
 NI : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
AI = 1.28E+4
 AI : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
LI = 3.20E+2
 LI : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 2.00E-1
 Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
 Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de

foudre sur une structure adjacente
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
 Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
 Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
 Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
 Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
 Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 2.00E-1
 Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
 Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
 Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
 Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes

sont à un emplacement dangereux
 ----- Rz -----
Rz = 0.00E+
 Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service)
Rz = 0.00E+
 Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation BT
Ni = 2.10E-1
 Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 4.00E+6
 Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pz = 1.60E-1
 Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 1.60E-1
 Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
 Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre à proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+

Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
 Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation BT Photovoltaïque
Ni = 8.40E-2
 Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 8.00E+5
 Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 1.00E+
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pz = 1.60E-1
 Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 1.60E-1
 Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
 Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+

Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
 Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Distribution BT Borne de recharge IRVE
Ni = 1.05E-2
 Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 2.00E+5
 Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
 Ct : Facteur de type de service
Pz = 3.00E-1
 Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 3.00E-1
 Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
 Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service

concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
 Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Distribution BT Eclairage Extérieur
Ni = 1.34E-2
 Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 1.05E+
 Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 1.28E+6
 Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
 Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 1.00E-1
 Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 2.00E-1
 Ct : Facteur de type de service
Pz = 3.00E-1
 Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 3.00E-1
 Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des

caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
 Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
 Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés

Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
 Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
 nz : Nombre de personnes potentiellement en danger

(victimes ou usagers non desservis)
nt = 8.76E+3
 nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
 tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux

ANNEXE 2

Lexique

Armatures d'acier interconnectées	Armatures d'acier à l'intérieur d'une structure, considérées comme assurant une continuité électrique.
Barre d'équipotentialité	Barre permettant de relier à l'installation de protection contre la foudre les équipements métalliques, les masses, les lignes électriques et de télécommunications et d'autres câbles.
Borne ou barrette de coupure	Dispositif conçu et placé de manière à faciliter les essais et mesures électriques des éléments de l'installation de protection contre la foudre.
Conducteur (masse) de référence	Système de conducteurs servant de référence de potentiel à d'autres conducteurs. On parle souvent du "zéro volt".
Conducteur d'équipotentialité	Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.
Conducteur de descente	Conducteur chargé d'écouler à la terre le courant d'un coup de foudre direct. Il relie le dispositif de capture au réseau de terre.
Conducteur de protection (PE)	Conducteur destiné à relier les masses pour garantir la sécurité des personnes contre les chocs électriques.
Coup de foudre	Impact simple ou multiple de la foudre au sol.
Coup de foudre direct	Impact qui frappe directement la structure ou son installation de protection contre la foudre.
Coup de foudre indirect	Impact qui frappe à proximité de la structure et entraînant des effets conduits et induits dans et vers la structure.
Couplage	Mode de transmission d'une perturbation électromagnétique de la source à un circuit victime.
Dispositif de capture	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à capter les coups de foudre directs.
Distance de séparation	Distance minimale entre deux éléments conducteurs à l'intérieur de l'espace à protéger, telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse se produire entre eux.
Effet de couronne ou Corona	Ensemble des phénomènes d'ionisation liés au champ électrique au voisinage d'un conducteur ou d'une pointe.

Effet réducteur

Réduction des perturbations HF par la proximité du conducteur victime avec la masse. L'effet réducteur est le rapport de l'amplitude de la perturbation collectée par un câble non blindé ou loin des masses à celle collectée par le même câble blindé ou installé contre un conducteur de masse.

Electrode 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 décharge atmosphérique dans cette dernière.

Equipements métalliques

Éléments métalliques répartis dans l'espace à protéger, pouvant écouler une partie du courant de décharge atmosphérique tels que canalisations, escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées.

Étincelle dangereuse (étincelage)

Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger.

Foudre

Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).

Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)

Installation complète, permettant de protéger une structure contre les effets de la foudre. Elle comprend à la fois une installation extérieure (I.E.P.F.) et une installation intérieure de protection contre la foudre (I.I.P.F.)

Liaison équipotentielle

Éléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur.

Mode commun (MC)

Un courant de mode commun circule dans le même sens sur tous les conducteurs d'un câble. La différence de potentiels (d.d.p.) de MC d'un câble est celle entre le potentiel moyen de ses conducteurs et la masse. Le mode commun est aussi appelé mode longitudinal parallèle ou asymétrique.

Mode différentiel (MD)

Un courant de mode différentiel circule en opposition de phase sur les deux fils d'une liaison filaire, il ne se referme donc pas dans les masses. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série.

Niveau de protection

Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.

Parafoudre ou parasurtenseur	Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs.
Paratonnerre	Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.
P.D.A	Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.
Point d'impact	Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.
Prise de terre	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.
Régime de neutre	<p>Il caractérise le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur source et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation. Il est défini par deux lettres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première indique la position du neutre par rapport à la terre : I: neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance T: neutre directement à la terre • La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre : T: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre) N: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (N-S), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (N-C).
Réseau de masse	Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques.
Réseau de terre	Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé.
Résistance de terre	Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms (Ω), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site.

Surface équivalente

Surface de sol plat qui recevrait le même nombre d'impacts que la structure ou le bâtiment en question. Cette surface est toujours plus grande que la seule emprise au sol de l'ensemble à protéger. On la détermine en pratique en entourant fictivement le périmètre de cet ensemble par une bande horizontale, dont la largeur est égale à trois fois sa hauteur. Elle peut ensuite être corrigée en tenant compte des objets environnants : arbres, autres structures, susceptibles de dévier un coup de foudre vers eux.

Surtension

Variation importante de faible durée de la tension.

Tension de mode commun

Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun).

Tension différentielle

Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel).

Tension résiduelle d'un parafoudre

Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

TGBT

Tableau Général Basse Tension

Traceur

Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé.

