RG Consultant
INGÉNIERIE FOUDRE

25 Avenue des Saules (Métro B) – 69600 OULLINS – France
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 * Fax +33 (0)4 72 30 13 36

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)2 30 02 79 98

info@rg-consultant.com
www.rg-consultant.com

Qualifoudre INERIS N° 071179534036

FÉDÉRATION CINOV
N° d'adhésion 2508

ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SELON NF EN 62305-2

BASE AERIENNE BA 118 MONT DE MARSAN (40)

Indelec SUD-OUEST

*SAS **RG Consultant** au capital de 20 000 Euros - R C S LYON 409733995 - SIRET 40973399500032*
APE 7490 B (Ingénieur conseil) T.V.A. FR 52 409 733 995
BNP PARIBAS NORD France ENTR 30004 02323 00011674064 78
Organisme de formation n° 826906449

BASE AERIENNE
BA 118
MONT DE MARSAN (40)

Référence document
RGC 25 261

RESUME :

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre du projet de construction du nouveau bâtiment de la 2èmes **Compagnie Opérationnelle du Génie de l'Air** (**COGA)**, situé sur la commune de **MONT DE MARSAN** dans le département des **LANDES (40).**

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

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : **Thomas MARTIN** Date : 09/10/2020 Visa 	Nom : **Yoni GARCIA** Date : 15/10/2020 Visa 	**A**

DIFFUSION :

INDELEC SUD-OUEST	RG CONSULTANT
6,Rue J.B Perrin 33 320 EYSINES	25 Avenue des saules 69600 OULLINS Tél. : +334 37 41 16 10 Fax : +334 72 30 13 36 Email : info@rg-consultant.com

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 25 261	25/09/2020	Analyse du Risque Foudre

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR INDELEC SUD-OUEST

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude des Dangers ou Résumé non technique	Non	
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Non	
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	
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	
Plan de coupe	Oui	
Plan des façades	Oui	
Plan de zonage ATEX	Non	

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **INDELEC SUD-OUEST**, 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 6
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS 7
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES 7
2.5 PROTECTION INCENDIE 7
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS 7
2.7 CHEMINEMENTS DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE 7
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES 7

3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES 8

3.1 NORMES DE REFERENCES 8

4. MÉTHODOLOGIE 9

4.1 PRESENTATION GENERALE 9
4.2 LIMITE DE L'A.R.F 10
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 10

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES 13

5.1 POTENTIELS DE DANGER 13
5.2 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION 13
5.3 EVENEMENTS INITIATEURS 14
5.4 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES 15
5.5 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE FOUDRE 15

6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE 16

6.1 DONNEES GENERALES 16
6.2 PROJET COGA 17
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure 17
6.2.2 Données et caractéristiques des services 18
6.2.3 Données et caractéristiques de la zone 19
6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) 21

7. SYNTHESE 24

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 construction d'un bâtiment pour les bureaux et atelier de la **Base Aérienne 118** sur la commune de **MONT DE MARSAN**, une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

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.

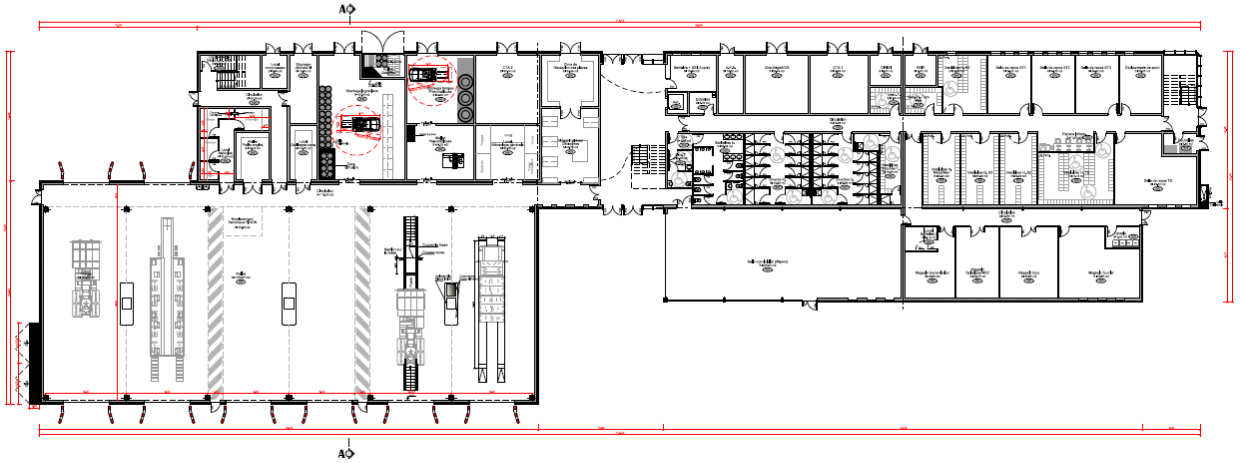
Ce document présente les résultats de cette Analyse de Risque Foudre (ARF) conforme à la norme NF EN 62305-2.

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

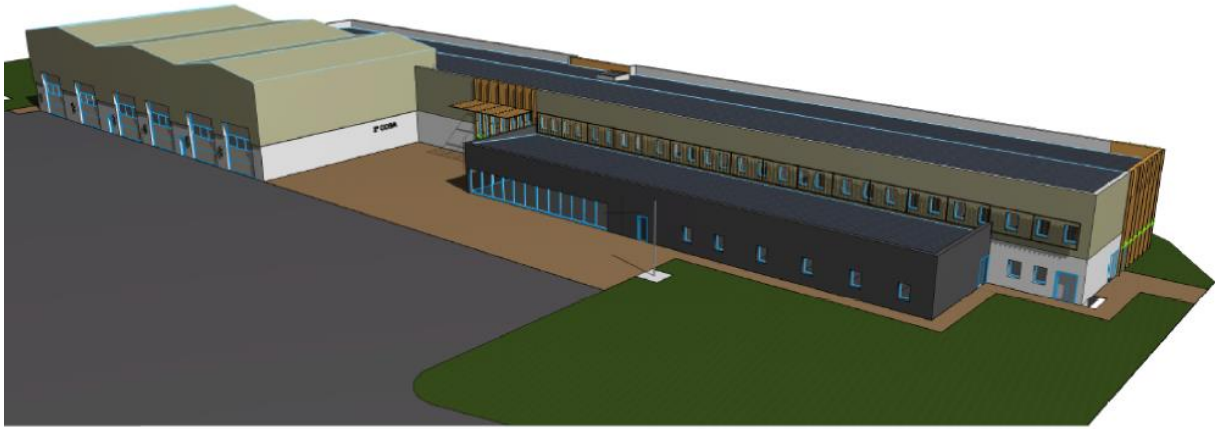
2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

2.1 Généralités





Plan n°1 : Plan du niveau 00



Vue 3D n°1 : Bâtiment bureaux et atelier de la 2èmes COGA

Le nouveau bâtiment de la 2 ème **COGA** sera composé d'une partie bureaux et d'une partie atelier d'une surface de 4760m².

2.2 Personnel sur site

Le nombre de personnes présent en moyenne dans les bâtiments sera entre 100 et 1000.

2.3 Caractéristiques des courants forts

Le projet de la 2 ème COGA sera alimenté par une ligne BT souterraine issue du réseau ERDF vers un poste HT/BT en périphérie du site.
Le régime de neutre du site sera TT.

2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le projet de la 2 ème COGA sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne cuivre souterraine, ainsi qu'une seconde ligne en fibre optique souterraine vers la zone administrative.

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

2.5 Protection incendie

Le projet de la 2 ème COGA sera doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- Alarme incendie.

2.6 Mise à la terre des installations

La mise à la terre à fond de fouille n'est pas déterminée sur site à ce stade de l'étude.

2.7 Cheminements des réseaux courants forts et faibles généraux du site

Zone	Lignes connectées			
	Nom	Longueur (m)	Relié à	Type
Projet 2 ème COGA	Alimentation BT	40	Poste de transformation	Souterrain
	Éclairage	1 000	TGBT	Souterrain
	Courants faibles	1 000	Liaison ORANGE	Souterrain

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

2.8 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Matière	Mise à la terre
Projet 2 ème COGA	Gaz	Métallique	A définir
	Autres canalisations	A définir	A définir

Source : Selon infos clients.

3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES

3.1 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

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 perte 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

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 in-directe). 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.

4.2 Limite de l'A.R.F

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.

$$R1 = R_A + R_B + R_C^{*} + R_M^{*} + R_U + R_V + R_W^{*} + R_Z^{*}$$

- $R_A + R_B + R_C^{*}$: Impact sur la structure
- R_M^{*} : Impact sur le service
- $R_U + R_V + R_W^{*}$: Impact à proximité du service
- R_Z^{*} : Impact à proximité de la structure

(*) *: 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 :

$$\boldsymbol{R_x = N_x \times P_x \times L_x}$$

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

- 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 **R1 > R_T**
→ Il faut prévoir des mesures de protection pour réduire Rc afin qu'il soit <ou= à Rt.

Si **R1 ≤ 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

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

5.1 Potentiels de danger

Nous estimons qu'en raison de la nature du site, les évènements majorants redoutés sont les suivants :

- Un incendie principalement au niveau des installations de stockage déchets, d'huile, …
- Une explosion dans les locaux des batteries.

5.2 Zones à risques d'explosion

Aucune information ne nous a été transmise à ce stade de l'étude concernant les éventuelles zones ATEX sur site. Nous considérons néanmoins les zones suivantes :

- Une explosion dans les locaux des batteries.

5.3 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
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.
Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques
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.
Etincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux
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.
Percement de conteneur ou de canalisation
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.
Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment
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.
Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment
Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les évents, 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.
Surtensions électriques par effets directs ou indirects
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.
Effets sur les personnes
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.

***Tableau n° 1** : Interaction foudre/équipements*

5.4 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
Alarme incendie	Oui

Source : Selon infos clients.

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

5.5 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 statistiques selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe[1]
Projet 2 ème COGA	X	

Méthode déterministe[1] **:**

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 **I**mportant **P**our la **S**écurité, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

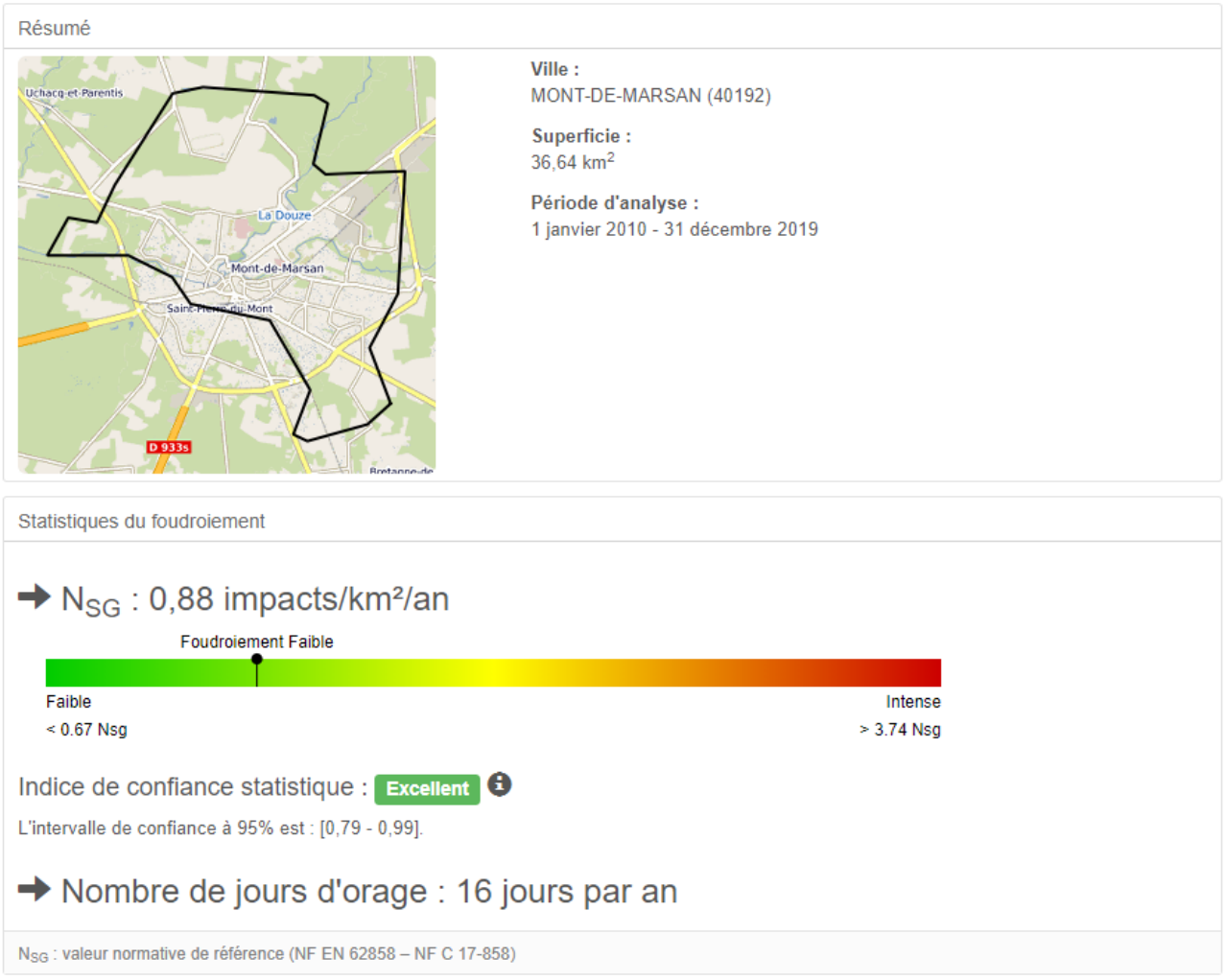
Lorsque la norme NF EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié telles que les cheminées, aéro-réfrigérants racks, stockages extérieurs,…) cette méthode est choisie.

6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE

6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour la commune de **MONT DE MARSAN (40)** données fournies par Météorage (voir carte ci - dessous)	Nsg = 0,88 (coups de foudre / km² / an)
Résistivité du sol	500 Ωm* (valeur par défaut)

*La nature du sol par sa résistivité influe sur le niveau de perturbation conduite sur les lignes externes entrantes ou sortantes dans les zones dangereuses ou les liaisons entre équipements. Cette valeur est utilisée dans le calcul de l'ARF. La valeur au-delà de laquelle il n'y a guère d'influence est de 500 Ωm.



Carte n°1 : Nsg suivant les informations de Météorage

6.2 Projet 2ème COGA

6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	*Symbole*	*Valeurs retenues*	*Signification*
Dimensions	L x W x H $_b$	114,40 x 34,58 x 11,5 m	Longueur x Largeur x Hauteur
Aire équivalente	A $_{d/b}$	1,71E-04 km²	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

Justification des paramètres encodés

Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)
Aucune structure n'a une hauteur plus importante à proximité.
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

Paramètre PB (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 Ks1 (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	H	L_a x W_a x H_a	C_d	C_e	U_w	Ks3	P_{SPD}
1	Alimentation BT	40	-	4 x 3 x 3	0,25	0,1	4kV	0,02	1
2	Éclairage	1000	-	-	0,25	0,1	2,5kV	0,02	1
3	Courant faible	1000	-	-	0,25	0,1	1,5kV	0,001	1

Nota : Les lignes étudiées correspondent à la zone étudiée dans 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 La, Wa, Ha (caractéristiques de la structure adjacente)
La valeur indiquée correspond aux dimensions du bâtiment raccordé à la ligne.

Paramètre C_d (facteur d'emplacement de ligne)
Les lignes sont enterrées, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

Paramètre C_e (facteur d'environnement de ligne)
Le site 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 4 kV pour les lignes d'alimentation BT, 2,5 kV pour les équipements BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

Paramètre K_{S3} (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)
Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,02 car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².
Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,001, car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance R_S comprise entre $5 < R_S 20$ /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

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	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	r_f	0,1	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	L_f	2×10^{-2}	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	h_z	5	Risque Moyen
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	L_0	0	NA

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

Type de sol ou de plancher	Résistance de contact kΩ[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.		

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 rp (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 rf (facteur de réduction associé au risque d'incendie)
Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante et en l'absence d'information sur la charge calorifique des produits stockés. La valeur est = 0,1.

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

Risque	Faible	Ordinaire	Elevé
Charge calorifique	<400MJ/m²	400MJ/m²< <800MJ/m²	>800MJ/m²

Paramètre Lf (pourcentage type de pertes dans la structure relatif aux dommages physiques)

Type de Structure	L_f
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10^{-1}
Industrielle, commerciale, scolaire	2×10^{-2}
Publique, églises, musées	5×10^{-2}
Autres	10^{-2}

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

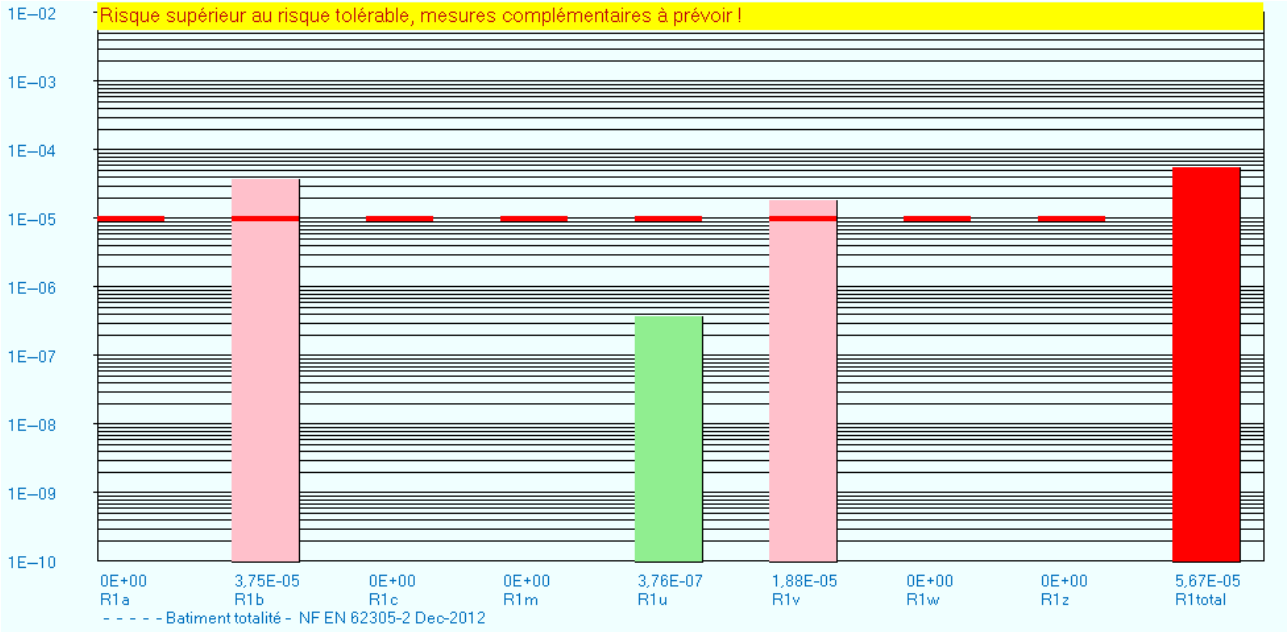
Type de danger particulier	h_z
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des évènements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris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

Paramètre Lo (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 Lo = 0.

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	Projet 2ème COGA	5,67 E-5	>	1 x 10-5

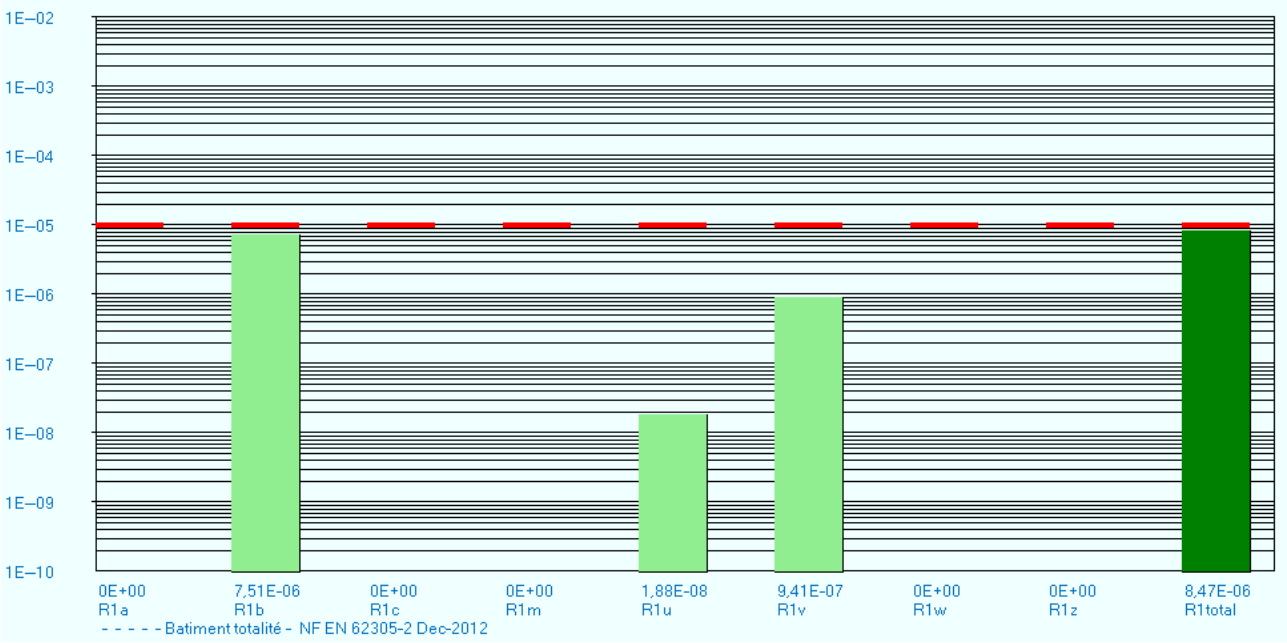


Le Projet de la 2 ème COGA n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

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	Projet 2ème COGA	8,47 x 10^{-6}	<	1 x 10^{-5}



Le Projet de la 2ème COGA 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 Mesures de protection	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X[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

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.

2) Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

3) En raison des équipotentialités.

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 et de communication).

7. SYNTHESE

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 niveaux de protection à mettre en place :

Structure	*Protection effets directs*	*Protection effets indirects*
Projet 2ème COGA	Protection de **niveau IV**	Protection par parafoudres de **niveau IV**

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

Organes de sécurité
Alarme incendie

- Des liaisons équipotentielles sont à prévoir pour les canalisations suivantes :

Zone	Nom
Projet 2ème COGA	Gaz
	Autres canalisations

- **Prévention :** L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'une procédure de Prévention pendant les périodes orageuses.

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 PROTEC VERSION RG18.01 conforme à la norme NF EN 62305-2

RG Consultant	Réf. document RGC 25 261	Révision A	Annexe 1

RAPPORT TECHNIQUE

PROJET COGA

Protection contre la foudre

Évaluation des risques
Sélection des mesures de protection

Client:

Client : Base aérienne BA 118
Description de la structure : Bâtiment de la 2ème **compagnie opérationnelle du génie de l'air** (**COGA)**,
Ville : MONT DE MARSAN (40)

Associations Zones-Lignes:
Batiment totalité
--Z01-Projet COGA totalité
-----Z01-Projet COGA seul
-----L01-Alimentation BT
-----L02-Eclairage
-----L03-Courant Faible

--- Liste des Mesures de protections: ---
Bâtiment entier:
Protection Bâtiment: Aucun écran de protection. SPF IV
Lignes:

Ligne	Protection Zone: Ecran,Boucles	Vmax	Parafoudre
L01-Z01-Alimentation BT	Ss Ecran & boucles<1m²	Uw=4.0kV	Niv IV
L02-Z01-Eclairage	Ss Ecran & boucles<1m²	Uw=2.5kV	Niv IV
L03-Z01-Courant Faible	Av Ecran & 5 < Rs <=20	Uw=1.5kV	Niv IV

Zones:

Zone	Protection Zone: Ecran	Diverses	Incendie
Z01-Projet COGA	Aucun écran de protection.	Aucune	Manu

Paramètres-Calculs-Résultats:
(NF EN 62305-2 Dec-2012)

- Caractéristiques & Coeffs Batiment -
Ng: 00,88 Dept:Aucun
L=114, l=34, H=11, Hmax=0
Cdb: 5,00E-001
Nbr de personnes: Calcul par défaut
Adb: 1,71E+004
Amb: 9,37E+005
Ndb: 7,51E-003
Nmb: 8,17E-001
Ks1: 1,00E+000
Pb : 2,00E-001
NPF: IV

- Caractéristiques & Coeffs Ligne1:Alimentation BT ---
Cil: 0,50 - Enterré, L=40, Ro=500
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.
Ctl: 1,00 - Service uniquement
Cel: 0,10 - Urbain, Ht.bâtiments de 10 à 20 m
Structure Adjacente: Entouré d'objets de même hauteur ou plus petits
Cda: 0,50 La=4, la=3, Ha=3, Hamax=0
Ada: 3,92E+002
Al : 8,00E+002
Ai : 8,00E+004
Nda: 1,73E-004

Nl : 7,04E-005
Ni : 7,04E-003
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne2:Eclairage ---
Cil: 0,50 - Enterré, L=1000, Ro=500
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.
Ctl: 1,00 - Service uniquement
Cel: 0,10 - Urbain, Ht.bâtiments de 10 à 20 m
Pas de structure Adjacente.
Ada: 0,00E+000
Al : 2,00E+004
Ai : 2,00E+006
Nda: 0,00E+000
Nl : 1,76E-003
Ni : 1,76E-001
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne3:Courant Faible ---
Cil: 0,50 - Enterré, L=1000, Ro=500
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.
Ctl: 1,00 - Service uniquement
Cel: 0,10 - Urbain, Ht.bâtiments de 10 à 20 m
Pas de structure Adjacente.
Ada: 0,00E+000
Al : 2,00E+004
Ai : 2,00E+006
Nda: 0,00E+000
Nl : 1,76E-003
Ni : 1,76E-001
Blindage relié équipotentielle: 5 < Rs(©/km) <= 20

- Caractéristiques et Coeffs Zone1:Projet COGA ---
Nb Personnes: Calcul par défaut
Type de zone: Industriel et commercial.
Danger particulier: Niveau panique moyen (de 100 à 1000 personnes).
Héritage Culturel: Aucune perte d'héritage culturel.
Risque Service Public: Aucun
Risque Incendie: Elevé
Type de Sol: Agricole, béton (Rc d 1k©)
Hz : 5,00E+000
Ks2: 1,00E+000
rf : 1,00E-001
rp : 5,00E-001
rt,ra,ru : 1,00E-002
hc : 0,00E+000
Lt1: 1,00E-002
Lf1: 2,00E-002

Lo1: 0,00E+000
pta: 1,00E+000
Pa : 2,00E-001
Pb : 2,00E-001
- Zone1 Ligne1:Alimentation BT ---
Ks3: 1,00E-002
Ks4: 2,50E-001
Pld: 1,00E+000
Pli: 1,60E-001
Uw : 4,00E+000
ptu: 1,00E+000
Cld: 1,00E+000
Cli: 1,00E+000
spd-Pc: 5,00E-002
pms-Pm: 3,13E-007
Pu : 5,00E-002
Pv : 5,00E-002
Pw : 5,00E-002
Pz : 8,00E-003
- Zone1 Ligne2:Eclairage ---
Ks3: 1,00E-002
Ks4: 4,00E-001
Pld: 1,00E+000
Pli: 3,00E-001
Uw : 2,50E+000
ptu: 1,00E+000
Cld: 1,00E+000
Cli: 1,00E+000
spd-Pc: 5,00E-002
pms-Pm: 8,00E-007
Pu : 5,00E-002
Pv : 5,00E-002
Pw : 5,00E-002
Pz : 1,50E-002
- Zone1 Ligne3:Courant Faible ---
Ks3: 1,00E-004
Ks4: 6,67E-001
Pld: 1,00E+000
Pli: 5,00E-001
Uw : 1,50E+000
ptu: 1,00E+000
Cld: 1,00E+000
Cli: 3,00E-001
spd-Pc: 5,00E-002
pms-Pm: 2,22E-010
Pu : 5,00E-002
Pv : 5,00E-002
Pw : 5,00E-002

Pz : 7,50E-003
- Cumul Pc et Pm pour Zone1:Projet COGA ---
Pc : 1,43E-001
Pm : 1,07E-006
Détail du Risque par zone

- Risque Zone1:Projet COGA ---
- Zone:Projet COGA ---
R1a : 0,00E+000
R1b : 7,51E-006
R1c : 0,00E+000
R1m : 0,00E+000
- Ligne1:Alimentation BT ---
R1u : 1,22E-009
R1v : 6,08E-008
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000
- Ligne2:Eclairage ---
R1u : 8,80E-009
R1v : 4,40E-007
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000
- Ligne3:Courant Faible ---
R1u : 8,80E-009
R1v : 4,40E-007
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000

-- Détail du Risque total R1:
-Sur structure et sa proximité:
R1a : 0,00E+000
R1b : 7,51E-006
R1c : 0,00E+000
R1m : 0,00E+000
Sur Lignes et leur proximités:
R1u : 1,88E-008
R1v : 9,41E-007
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000
Sur Totalité:
R1tot: 8,47E-006
-- Fin --

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	Elément 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	Eléments 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	Eléments 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 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	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: • 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.