

# ANALYSE DU RISQUE Foudre



**KUEHNE+NAGEL**  
9 rue Baranfosse  
60330 LAGNY LE SEC

Réf. : ARF 10.01.1243

ARF réalisée par : A. SANCHEZ

Vérifiée par : B. PHILIPPE

Le : 09/09/2010

## SOMMAIRE

---

<b>1. PREAMBULE .....</b>	<b>1</b>
1.1. Rappel sur le phénomène foudre .....	1
1.2. Définitions des différents coups de foudre .....	2
<b>2. PRESENTATION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre (A.R.F.).....</b>	<b>4</b>
2.1. Méthode.....	4
2.2. Objet de l'analyse du risque foudre.....	4
2.3. Principaux paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre.....	5
2.4. Quelques termes et définitions utilisés .....	7
2.5. Normes et réglementations.....	9
2.6. Présentation du document .....	10
2.7. Limites d'intervention .....	11
2.8. Documents fournis .....	11
<b>3. CARACTERISTIQUES DU SITE ETUDIE.....</b>	<b>12</b>
3.1. Adresse.....	12
3.2. Activité .....	12
3.3. Liste des rubriques.....	12
3.4. Type de zone d'implantation .....	12
3.5. Densité de foudroiement sur le site .....	12
3.6. Identification des événements redoutés.....	13
3.7. Structure et zone objet de l'étude .....	13
3.8. Nature du sol extérieur .....	14
<b>4. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR L'ENTREPOT .....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre .....</b>	<b>18</b>
<b>ANNEXE : DONNEES DU LOGICIEL JUPITER.....</b>	<b>19</b>

## SYNTHESE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

*L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « Jupiter - version 1.3.0 ».*

*Le résultat de l'analyse du risque foudre sur le site KUEHNE+NAGEL à Lagny le Sec pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à  $10^5$  (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) est le suivant :*

*Le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre est le niveau III.*

*Pour obtenir le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre, l'étude technique déterminera les moyens de protection à mettre en œuvre :*

- Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) :  
*Les dispositifs de capture pourront être constitués par une combinaison des composants suivants :*
  - paratonnerre à tige simple
  - conducteurs maillés
  - paratonnerre à dispositif d'amorçage
  - fils tendus
  - composants naturels, etc...
- Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF) :  
*La norme NF C 15.100 applicable depuis le 06 Juin 2003, impose en cas de protection contre les effets directs de la foudre le raccordement de parafoudre de type 1 à l'origine de l'installation électrique.*  
*Des parafoudres type 2 coordonnés pourront être associés afin de protéger les équipements sensibles et stratégiques pour la sécurité du site (EIPS).*  
*La liste de ces équipements sera validée avec le département sécurité environnement du site.*

## 1. PREAMBULE

---

### 1.1. Rappel sur le phénomène foudre

Les orages naissent de la confrontation d'un air chaud et humide avec un air froid et sec. L'air chaud se condense au contact de l'air froid pour former de multiples nuages qui vont rapidement s'agglomérer et former parfois des cellules convectives géantes.

Dans ces nuages orageux appelés cumulo-nimbus, la partie supérieure est constituée de cristaux de glace et est généralement chargée positivement, tandis que la partie inférieure constituée de gouttelettes d'eau est chargée négativement. Par influence, la partie inférieure du nuage entraîne le développement de charges de signe opposé (donc positives sur la partie du sol qui se trouve à proximité).

La présence du cumulo-nimbus implique donc la mise en place d'un gigantesque condensateur plan nuage-sol dont la distance intermédiaire atteint souvent 1 à 2 km. Le champ électrique au sol qui est par beau temps d'une centaine de volts par mètre est alors inversé et peut atteindre 15 à 20 kV/m. La décharge au sol est alors imminente ; c'est le coup de foudre.

Le courant écoulé lors d'un éclair peut atteindre de 15 000 à 100 000 Ampères dans nos régions. On peut enregistrer jusqu'à 250 000 Ampères à l'équateur ou dans certaines régions du globe.

Quant au bruit du tonnerre il est dû à la subite dilatation de l'air qui laisse passer l'éclair. En un temps très court, le canal passe de 20-25° à 14 000, l'onde de choc liée à cette variation provoque le bruit du tonnerre.

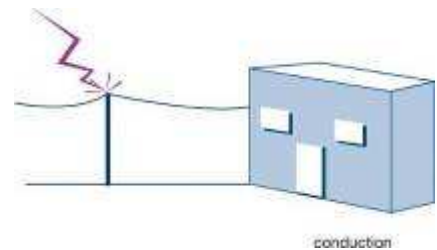
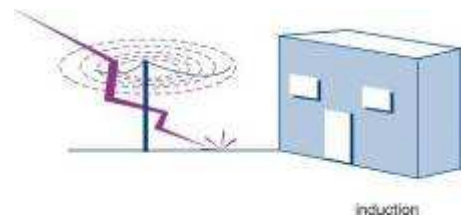
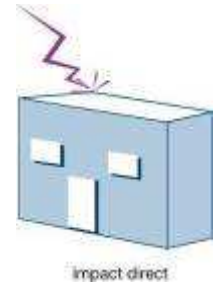
Il faut rappeler que si la foudre est à l'origine de nombreux incendie, l'orage peut créer aussi des dégâts par d'autres phénomènes (vent violent, abondance des pluies, grêle).



## 1.2. Définitions des différents coups de foudre

Les différents coups de foudre :

- Effets directs :
  - effets thermiques : effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact, effets de dégagement de chaleur par effet Joule
  - effets dus aux amorçages : impédances différentes (canalisations, bâtiments...) = différence de potentiel
  - effets d'induction : champs rayonnés : électriques et magnétiques
  - effets électrodynamiques : décomposition galvanique
  - effets acoustiques : tonnerre
  - effets lumineux : éclairs.
- Effets indirects : effets des champs électriques et magnétiques rayonnés sur les installations, dont les principaux modes de propagation sont : le couplage ohmique, le couplage inductif et le couplage capacitif.

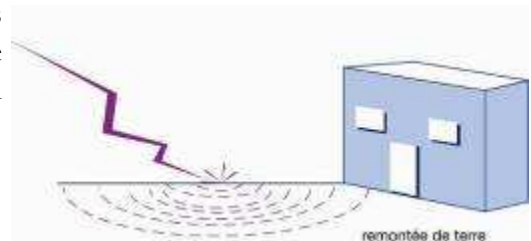


Les coups de foudre à la terre peuvent être dangereux pour les personnes, les structures et les services :

- le danger pour la structure peut donner lieu à :
  - des dommages affectant la structure et son contenu
  - des défaillances des réseaux électriques et électroniques associés
  - des blessures sur des êtres vivants dans la structure ou à proximité.

Les effets consécutifs à des dommages et à des défaillances peuvent s'étendre à la proximité immédiate de la structure ou peuvent impliquer son environnement

- le danger pour les services peut donner lieu à :
  - des dommages affectant le service lui-même
  - des défaillances des équipements électriques et électroniques associés.



Les coups de foudre impliquant une structure peuvent être divisés en :

- coups de foudre directs sur la structure
- coups de foudre à proximité de la structure et/ou à proximité des services connectés (réseaux d'énergie, réseaux de communication, autres services).

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

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

À titre d'illustration, le tableau suivant présente de façon simplifiée les principaux effets d'un coup de foudre sur une installation.

Effets de coups de foudre	Phénomènes physiques	Conséquences	Risques potentiels
Effets thermiques	Effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact.  Effets de dégagement de chaleur par effet Joule.	Échauffement suite au passage de l'énergie de foudre.	Perçage de capacité = incendie.  Allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible.
Effets d'amorçage	Impédances différentes (canalisations, bâtiments...) = différence de potentiel.	Liés à la mise en œuvre des paratonnerres. Liés aux différences de potentiel. Liés à l'onde de choc sur les circuits électriques et électroniques. Liés aux champs électriques ou champs magnétiques rayonnés.	Allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible.  - Etincelles.  - Arcs électriques.  - Risque d'électrocution.
Effets électrodynamiques	Apparition de forces.	Liés aux passages de courants importants.	Déformation ou rupture d'éléments : - descente paratonnerre - canalisations - câbles électriques.
Coupure de tension	/	Destruction de sources d'énergie.	Arrêt de certaines fonctions de sécurité.
Surtension transitoires générées par les décharges atmosphériques	Augmentation de la tension aux bornes des équipements due aux surtensions véhiculées par les lignes d'alimentation.  Ces surtensions sont créées par conduction induction ou remontée de terre	Destruction du matériel sensible et de commande du process par surtension causée par l'onde de chocs ou par des IEMF (Impulsions Electro Magnétiques de Foudre).  Mauvaise information des capteurs locaux.  Dysfonctionnement de la supervision du process.  Destruction de tout ou partie du système de sécurité.  Destruction des moyens de communication.	Arrêt de certaines fonctions.  Destruction du matériel.  Ordres intempestifs (rejets non contrôlés...)  Non prise en compte d'informations de « sécurité ».  Isolement par rapport aux services de secours.

## 2. PRESENTATION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre (A.R.F.)

---

### 2.1. Méthode

L'analyse du risque foudre est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre Partie 2 : Analyse du risque ».

La méthode d'évaluation de la norme NF EN 62305-2 prend en compte différents critères influents tels que la densité de foudroiement, les dimensions et la structure du bâtiment, l'activité qu'il abrite et les dommages que peut engendrer la foudre en cas de foudroiement sur ou à proximité des bâtiments concernés.

Les coups de foudre directs sur la structure ou les services connectés peuvent causer des dommages physiques et mettre en danger la vie des personnes. Les coups de foudre indirects à proximité d'une structure ou d'un service, comme les coups de foudre directs, peuvent causer des défaillances des réseaux électriques et électroniques en raison des surtensions dues à un couplage résistif ou inductif entre ces matériels et le courant de foudre.

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

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable 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.

Le résultat obtenu fournit le niveau de protection à atteindre (I à IV). Cette méthode permet d'optimiser les différentes solutions de protection à mettre en œuvre à l'aide de système paratonnerre et ou parafoudre.

La méthode d'analyse du risque NF EN 62305-2 est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « **Jupiter - Version 1.3.0** » qui est utilisé dans les calculs qui suivent.

### 2.2. Objet de l'analyse du risque foudre

Par ses multiples effets, la foudre est susceptible d'engendrer dans les installations industrielles des sinistres sur les structures des bâtiments et des perturbations au niveau des équipements et des moyens de production. Les conséquences dues à ces phénomènes peuvent entraîner directement ou indirectement des risques graves pour la sécurité du personnel, la sûreté du matériel et la qualité de l'environnement.

### 2.3. Principaux paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre

En fonction de la configuration du site, certains bâtiments peuvent être découpés en différentes zones afin de tenir compte de la diversité des risques et d'optimiser l'analyse de risque et les protections qui en découlent.

Les critères pris en compte dans les calculs de l'analyse du risque seront choisis, entre autres, en fonction des paramètres suivants :

- Densité de foudroiement sur le site  
La densité de foudroiement  $N_g$  prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au  $\text{km}^2$  sur le département concerné. Cette valeur est issue de la carte du niveau céramique présente dans le logiciel Jupiter.
- Dimensions du bâtiment  
Le risque foudre sur un bâtiment dépend de ses dimensions (longueur, largeur et hauteur).
- Facteur d'emplacement  
L'emplacement relatif de la structure dépend des objets environnants ou de l'exposition de la structure. Différents cas peuvent se présenter :
  - bâtiment entouré par des structures plus hautes
  - bâtiment entouré par des structures de même hauteur ou plus petites
  - bâtiment isolé (pas d'autres structures à proximité)
  - bâtiment isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule.
- Dangers particuliers
  - pas de risque de panique
  - faible niveau de panique : structures limitées à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100
  - niveau de panique moyen : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1 000
  - difficulté d'évacuation : structures avec personnes immobilisées, hôpitaux
  - niveau de panique élevé : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000
  - danger pour l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans le périmètre immédiat de la structure ou du site
  - contamination de l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans une zone débordant largement du périmètre immédiat de la structure ou du site au-delà des valeurs autorisées.



- Risque d'incendie

Le risque d'incendie est lié à la charge calorifique de la structure et de son contenu Elle s'exprime en Mégajoule par m<sup>2</sup> (MJ/m<sup>2</sup>). Les définitions sont données ci-après :

- pas de risque : structure concernée par aucun des cas ci-dessous
- risque faible : charge calorifique inférieure à 400 MJ/m<sup>2</sup>
- risque ordinaire : charge calorifique comprise entre 400 MJ/m<sup>2</sup> et 800 MJ/m<sup>2</sup>
- risque élevé : charge calorifique supérieure à 800 MJ/m<sup>2</sup>
- risque d'explosion : structure contenant des mélanges explosifs.

- Protection anti-incendie

La présence ou non de moyens de lutte contre l'incendie est pris en compte. Les définitions sont données ci-après :

- pas de protection : aucune des dispositions indiquées ci-dessous
- protection manuelle : une des dispositions suivantes : extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement, installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiments étanches, voies d'évacuation protégées
- protection automatique : une des dispositions suivantes : installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques
  - \* seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si le temps d'intervention des pompiers est inférieur à 10 minutes.

- Type de sol

- béton
- bois
- moquette
- etc...

- Facteur d'environnement de la ligne entrante dans le bâtiment

L'emplacement relatif de la ligne dépend des objets environnants. Différents cas peuvent se présenter :

- urbain avec bâtiments dont la hauteur est supérieure à 20 mètres
- urbain avec bâtiments dont la hauteur est comprise entre 10 et 20 mètres
- suburbain avec bâtiments dont la hauteur est inférieure à 10 mètres
- rural pour des zones présentant une faible densité de bâtiment (ex : la campagne).

- Résistivité du terrain

Pour les lignes enterrées, lorsque la résistivité du terrain est inconnue, il convient d'estimer la valeur maximale de 500 Ωm

- Longueur de la ligne entrante

Lorsque la longueur de la ligne est inconnue on estime une valeur maximale de celle-ci égale à 1000 mètres.

## 2.4. Quelques termes et définitions utilisés

- Structures à protéger  
Structure pour laquelle une protection contre les effets de la foudre est exigée, conformément au guide UTE C 17-102-2.
- Structures dangereuses pour l'environnement  
Structures qui peuvent être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques ou radioactives à la suite d'un foudroiement, par exemple les installations chimiques, nucléaires, etc...
- Environnement urbain  
Zone présentant une forte densité de bâtiments, avec une population importante et des immeubles élevés (ex : centre-ville).
- Environnement suburbain  
Zone présentant une densité moyenne de bâtiment (ex : les zones à la périphérie immédiate des villes).
- Environnement rural  
Zone présentant une faible densité de bâtiments (ex : campagne).
- Réseau interne  
Réseaux électriques et électroniques à l'intérieur d'une structure.
- Service à protéger  
Service pénétrant dans une structure pour lequel la protection contre les effets de la foudre est exigée, conformément à la présente norme.
- Système de protection contre la foudre (SPF)  
Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure. Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre (IEPF et IIPF).
- Installation Extérieure de Protection Foudre (IEFP)  
Partie du système de protection contre la foudre comprenant un dispositif de capture, des conducteurs de descente et une prise de terre.
- Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF)  
Partie du système de protection contre la foudre comprenant des liaisons équipotentielle de foudre et des parafoudres.
- Parafoudre coordonné  
Parafoudre dont les caractéristiques sont choisies de façon coordonnée (coordination en énergie) et qui est installé de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques.
- Liaison équipotentielle de foudre  
Interconnexion des parties métalliques d'une installation de SPF par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrés par le courant de foudre.

### Types d'impacts

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

### Impacts sur la structure

- RA : composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants
- RB : composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure
- RC : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

### Impacts à proximité de la structure

- RM : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

### Impacts sur le service connecté

- RU : composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants
- RV : composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure
- RW : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

### Impacts à proximité d'un service

- RZ : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

### Risques de pertes

- R1 : Risque de perte de vie humaine dans une structure
- R2 : risque de perte de service public dans une structure
- R3 : risque de perte d'héritage culturel dans une structure
- R4 : Risque de perte de valeur économique dans une structure.

## 2.5. Normes et réglementations

Les principaux documents de référence sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

### Normes

NF EN 62305-1	Juin 2006	Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux
NF EN 62305-2	Nov. 2006	Protection contre la foudre, Partie 2 : analyse du risque
NF EN 62305-3	Déc. 2006	Protection contre la foudre, Partie 3 : dommages physiques sur les structure et risques humain
NF EN 62305-4	Déc. 2006	Protection contre la foudre, Partie 4 : réseaux de puissance et de communication dans les structures
NF C 17-102	Tirage janv. 2009	Protection contre la foudre : protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 17-102 001	Déc. 2001	Fiche d'interprétation : coefficient de sécurité
NF C 17-102 002	Déc. 2001	Fiche d'interprétation : "A t maxi"
NF C 17-102 003	Avril 2004	Fiche d'interprétation : conducteurs de descente
NF C 17-102 004	Avril 2006	Fiche d'interprétation : remplacement de l'annexe B de la norme NF C 17 102
NF C 17-102 005	Sept. 2006	Fiche d'interprétation : conservation du coefficient de sécurité
NF C 17-108	Janv. 2006	Guide pratique, méthode d'évaluation du risque foudre analyse simplifiée
NF C 17-100 2 001	Sept. 2006	Fiche d'interprétation. Question 1 : différence entre danger et contamination de l'environnement. Question 2 : protection de zone
NF C 15-100	Juin 2005	Installations électriques à basse tension
GUIDE UTE C 15-443	Juin 2004	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres
UIC	Oct. 2000	Document DT 67 : Recommandation pour la protection des installations industrielles contre les effets de la foudre et des surtensions
RAPPORT GESIP N°2009/01	Oct. 2009	Protection des installations industrielles contre les effets de la Foudre

### Textes officiels

ARRETE DU 15 JANVIER 2008	Protection contre la foudre de certaines installations classées
CIRCULAIRE DU 24 AVRIL 2008	Circulaire relative à l'arrêté du 15 janvier 2008
ARRETE DU 5 AOUT 2002	Prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510
ARRETE DU 23 DECEMBRE 2008	Prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à déclaration sous la rubrique 1510 (article 4.3)

Nota : l'arrêté du 15/01/08 (paru au JO du 24/04/08) abroge, pour les installations existantes, l'arrêté du 28/01/93 depuis le 24/08/08. Pour les nouvelles installations, il est applicable à la date de parution.

## 2.6. Présentation du document

L'Analyse du Risque Foudre est décomposée comme suit :

- l'identification des risques liés à une agression foudre

Cette analyse est faite à partir des renseignements qui nous ont été communiqués afin d'identifier les activités et processus pour lesquelles une agression foudre et les effets qui s'en suivent peuvent devenir des facteurs déclenchants.

- le recensement des mesures de protection existantes sur le site

Quelques exemples de mesures :

- protections qui peuvent exister sur le site : de type IEPF (Installation Extérieure de Protection contre la Foudre) et IIPF (Installation Intérieure de Protection contre la Foudre) : présence d'un paratonnerre, raccordement de parafoudres sur l'installation électrique, mise à la terre des installations, équipotentialité des réseaux de terre, etc...
- systèmes de prévention existants : procédures d'exploitations, de sécurité, avertisseur d'orage...

- l'analyse du risque

L'analyse du risque foudre sur le site est établie conformément à la norme NF EN 62305-2 et suivant les critères définis dans le guide pratique UTE C 17-100-2 de Janvier 2005 : « Protection contre la foudre Partie 2 : Evaluation des risques ». Cette analyse prend en compte différents critères influents qui permettent de déterminer les risques de pertes dus à la foudre et s'il y a nécessité de protection.

Cette analyse permet de déterminer, pour chaque bâtiment (ou zone) étudié, le niveau de protection approprié afin de réduire le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable fixée à  $10^{-5}$ . Le niveau de protection peut aller de I pour le plus sévère à IV pour le moins sévère.

## 2.7. Limites d'intervention

L'Analyse du Risque Foudre concerne les risques liés à un impact direct et indirect de la foudre sur le site.

## 2.8. Documents fournis

L'analyse est réalisée à partir des éléments en notre possession :

- plan de masse du site
- liste des renseignements récoltés lors de notre visite sur le site.

L'étude de danger ne nous a pas été communiquée.

La visite sur site a été réalisée le 7 septembre 2010.

### 3. CARACTERISTIQUES DU SITE ETUDIE

#### 3.1. Adresse

KUEHNE+NAGEL - 9 rue Baranfosse - 60330 LAGNY LE SEC.

#### 3.2. Activité

Entrepôt de stockage et logistique

#### 3.3. Liste des rubriques

Rubriques n° : 1510 (A) ; 2925 (D) ; 2910 (NC) ; 2920 (NC)

#### 3.4. Type de zone d'implantation

Le site est implanté en zone industrielle.

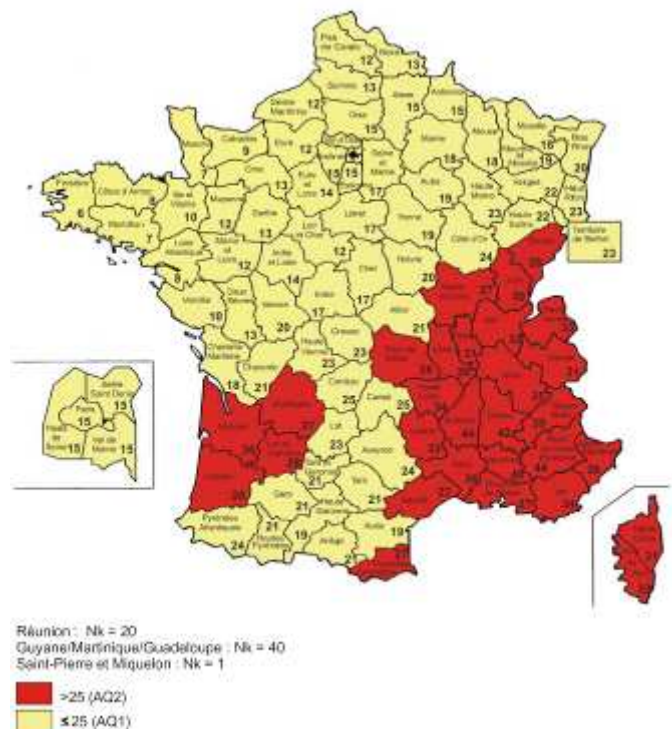
#### 3.5. Densité de foudroiement sur le site

La densité de foudroiement  $N_g$  prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au  $\text{km}^2$  sur le département l'Oise. Cette valeur est issue de la carte du niveau kéraunique présente dans le logiciel Jupiter.

Niveau kéraunique dans le département de l'Oise :  $N_k = 15$

La densité de foudroiement  $N_g$  est obtenue en divisant  $N_k$  par 10.

$N_g$  retenue dans l'étude :  $N_g = 1,5$



Source : Logiciel Jupiter (UTE)

### 3.6. Identification des événements redoutés

Le risque principal pour le site KUEHNE+NAGEL à Lagny le Sec est l'incendie.

L'origine de cet incendie peut être diverse :

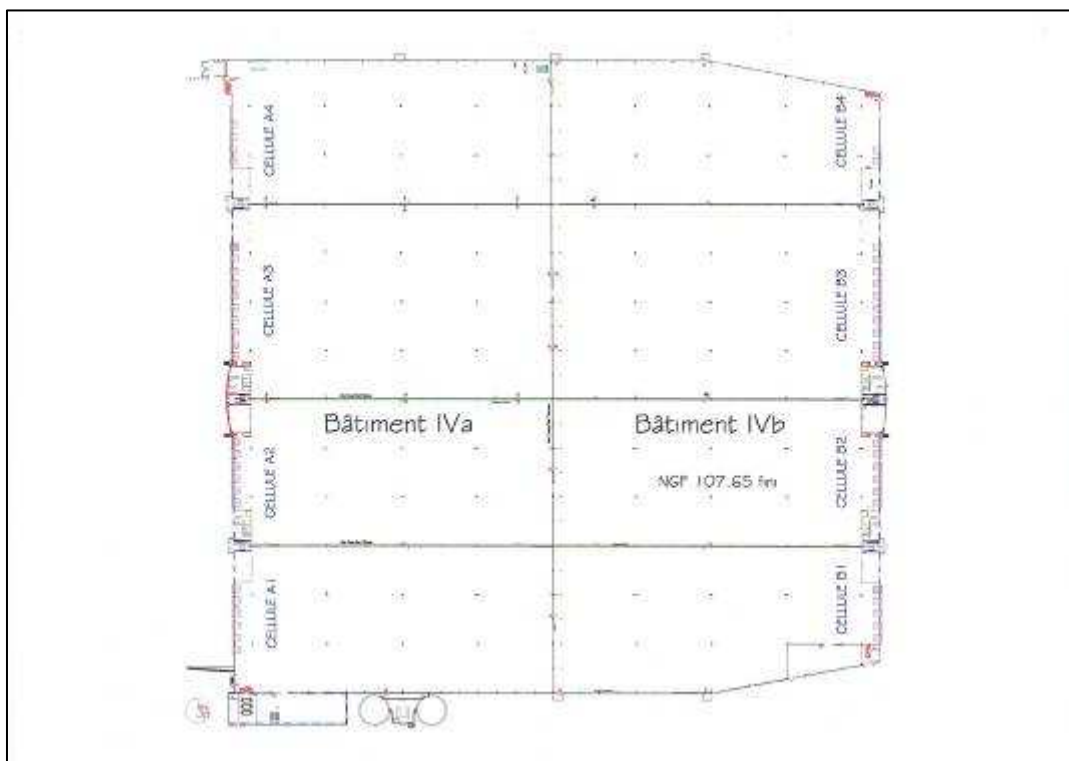
- acte de malveillance
- étincelle initiée par un équipement électrique
- problème électrique
- travail par point chaud
- l'impact direct ou indirect de la foudre sur le bâtiment ou sur les services peut être aussi à l'origine d'un départ de feu.

Les conséquences sont principalement des risques pour les personnes et/ou des dégâts matériels. Cependant, ils peuvent influencer fortement la pérennité et la continuité de service de la société.

### 3.7. Structure et zone objet de l'étude

La structure existante, objet de l'étude est l'entrepôt

Nota : nous considérerons comme risque majeur l'incendie en cas d'impact sur les structures.





### 3.8. Nature du sol extérieur

Terre végétale engazonnée et zone de circulation avec enrobés bitumineux.

Le tableau ci-dessous indique à titre indicatif la valeur de la résistivité en fonction de la nature du terrain rencontré.

Désignation	Nature du terrain (exemple)	Résistivité en $\Omega/m$
Très faible	Terrain marécageux	< 100
Faible	Marnes - Argiles	30 à 200
Moyenne	Sable, Sol pierreux	200 à 500
Forte	Calcaire	500 à 1000
Très forte	Granit	> 1000

Nota : nous retiendrons, par défaut, une résistivité de 500  $\Omega/m$ , qui correspond à une valeur standard.

#### 4. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR L'ENTREPOT

Activité du bâtiment : entrepôt de stockage et logistique

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité / Perte de la sécurité de l'installation
Equipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Alarme anti-intrusion, report d'alarmes sprinkler

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement (dépend des structures environnantes)	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ( $A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$ )	L max : 202,00 m ; l max : 106,00 m ; H max : 12,45 m → $A_d = 24401,1 \text{ m}^2$
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : bardage métallique/béton ; Toiture : bac acier
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Bâtiment équipé de paratonnerres à dispositif d'amorçage

Description de la zone concernée	
Dangers particuliers Risque de panique en cas d'évacuation	Compte tenu des caractéristiques de la structure et de l'effectif, le risque de panique considéré est : <u>Entrepôt</u> : risque faible <u>Bureaux</u> : risque faible
Dangers particuliers Risque pour l'environnement	Compte tenu de l'activité, il n'y a pas de danger pour l'environnement en cas de sinistre.
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, le risque d'incendie considéré est : <u>Bureaux</u> : risque ordinaire (charge calorifique entre 400 MJ/m <sup>2</sup> et 800 MJ/m <sup>2</sup> ) <u>Entrepôt</u> : risque élevé (charge calorifique > 800 MJ/m <sup>2</sup> )
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique (installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques)
Protection tension de contact	Terre équipotentielle

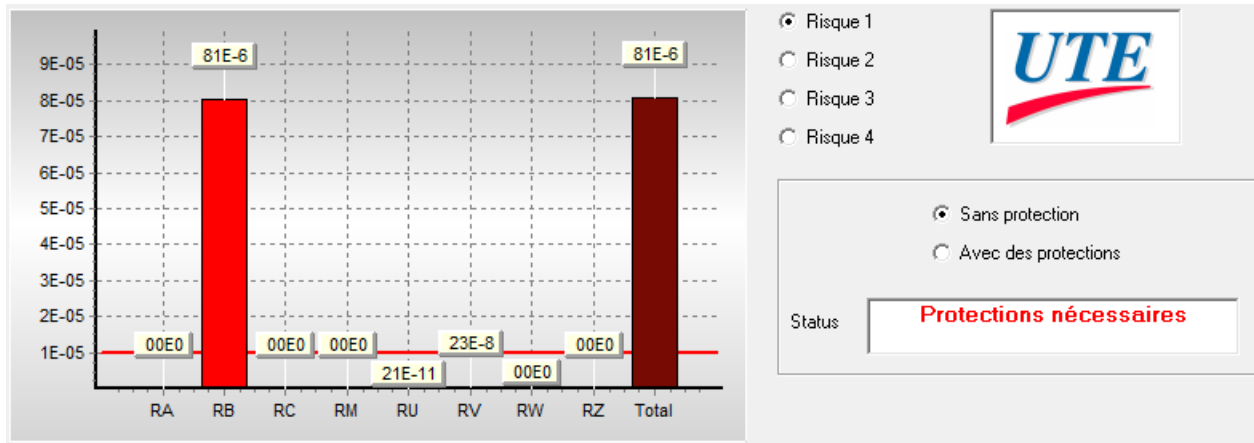
Ligne d'alimentation énergie Basse Tension	
Désignation de l'équipement relié dans la structure	2 TGBT
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Longueur estimée de la ligne entre l'origine de l'alimentation et l'équipement	1000 mètres
Position relative de la ligne	Entourée par des structures plus hautes
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec KUEHNE+NAGEL et suivant les paramètres définis au § 2.3.



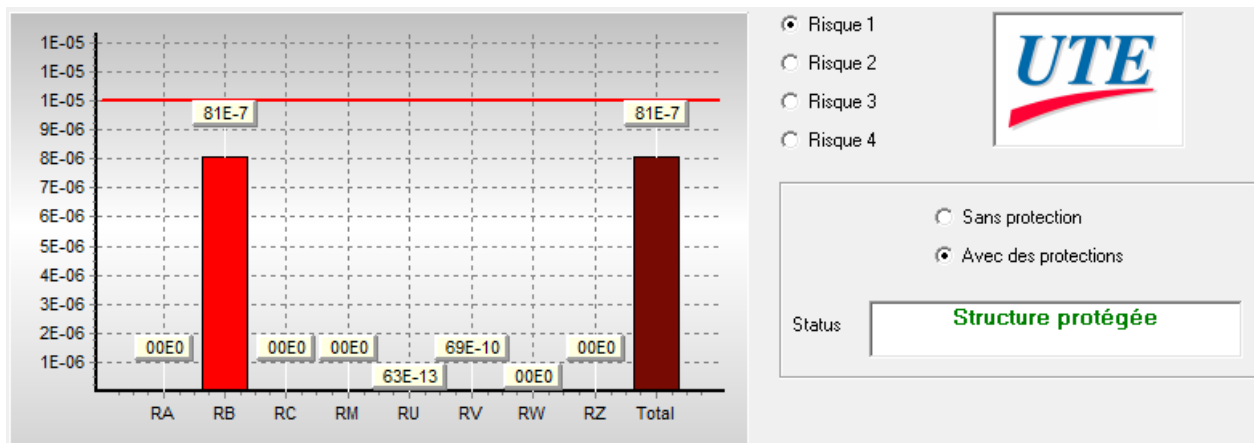
## Résultats de l'analyse du risque foudre sur l'entrepôt

### Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à  $8,1 \cdot 10^{-5}$ , est supérieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à  $10^{-5}$ .

### Bâtiment avec protection



Le diagramme ci-dessus montre que la mise en œuvre d'un système de protection contre la foudre, de niveau III, abaisse le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur égale à  $0,81 \cdot 10^{-5}$ ; valeur inférieure au risque tolérable RT fixée à  $10^{-5}$ .

**Conclusion :** l'entrepôt doit être équipé d'un système de protection contre la foudre de niveau III.

## 5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

---

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « **Jupiter - version 1.3.0** ».

Le résultat de l'analyse du risque foudre sur le site KUEHNE+NAGEL à Lagny le Sec pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à  $10^{-5}$  (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) est le suivant :

**Le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre est le niveau III.**

Pour obtenir le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre, **l'étude technique déterminera les moyens de protection à mettre en œuvre** :

- **Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)** :  
Les dispositifs de capture pourront être constitués par une combinaison des composants suivants :
  - paratonnerre à tige simple
  - conducteurs maillés
  - paratonnerre à dispositif d'amorçage
  - fils tendus
  - composants naturels, etc...
  
- **Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF)** :  
La norme NF C 15.100 applicable depuis le 06 Juin 2003, impose en cas de protection contre les effets directs de la foudre le raccordement de parafoudre de type 1 à l'origine de l'installation électrique.  
Des parafoudres type 2 coordonnés pourront être associés afin de protéger les équipements sensibles et stratégiques pour la sécurité du site (EIPS).  
La liste de ces équipements sera validée avec le département sécurité environnement du site.

---

# ANNEXE : DONNEES DU LOGICIEL JUPITER

---

## Données logiciel Jupiter

### Client:

Client: Kuehne+Nagel à Lagny le Sec

Commune: Lagny le Sec

Ng: 1,5

### Structure

- Fréquence de foudroiement

Ng: 1,5

- Utilisation principale: industriel

- Type: entouré d'objets plus petits

- Blindage: absent

- Surface équivalente d'exposition

A (m): 202

B (m): 106

H (m): 12,45

Hmax (m):

Surface (m<sup>2</sup>): 24401,1

- Particularité: Aucune

### Ligne externe

Ligne1: énergie BT

Type: énergie - souterrain avec transformateur HT/BT

Caractéristique de la ligne

Ligne de longueur (m): 100

Résistivité (ohm x m): 500

Blindage (ohm/km): pas de protection

Position relative

entouré d'objets plus hauts

Facteur d'environnement

urbain (10 < h < 20 m)

Système intérieur: 2 TGBT

Type de câblage: boucle 10 m<sup>2</sup>

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudres coordonnés: Absent

Parafoudres arrivée ligne: Absent

## Zones

### Zone Z1: bureaux

Dangers particuliers: risque de panique faible  
Risque d'incendie: ordinaire  
Protections anti-incendie: automatique  
Blindage (ohm/km): absent  
Type de sol: béton  
Protections contre les tensions de pas et de contact: terre équipotentielle  
Systèmes intérieurs présents dans la zone:  
2 TGBT - Le système est relié à la ligne: énergie BT

### Zone Z2: entrepôt

Dangers particuliers: risque de panique faible  
Risque d'incendie: élevé  
Protections anti-incendie: automatique  
Blindage (ohm/km): absent  
Type de sol: béton  
Protections contre les tensions de pas et de contact: terre équipotentielle  
Systèmes intérieurs présents dans la zone:  
2 TGBT - Le système est relié à la ligne: énergie BT

## Risque tolérable

En prenant en compte la destination d'utilisation de la structure, sont présents les risque de :

Perte de vie humaine

La valeur Ra du risque tolérable est :

Ra1 = 0,00001 pour le risque de type 1

## Analyse du risque

L'analyse des risques présents dans la structure, conduite sur la base des valeurs relatives des composantes du risque, a mise en évidence:

Perte de vie humaine

Le risque total R1 n'est pas plus grand que le risque tolérable Ra1.



## Protections

Protections communes:

SPF de niveau: III

Zone Z1: bureaux

Aucune protection présente

Zone Z2: entrepôt

Aucune protection présente

Ligne1: énergie BT

Parafoudres arrivée ligne: III

## Conclusion

SELON LE GUIDE UTE 17-100-2 LA STRUCTURE EST PROTEGEE CONTRE LA Foudre APRES MISE EN PLACE DES MESURES DE PROTECTION.

\*\*\*