

**Bureau d'étude, Expertise, Conseil,  
Formation : Risque Foudre, Énergie, Environnement**  
2, Rue Delbourg – 69540 - IRIGNY / FRANCE  
☎ : 04.37.41.16.10 - Fax : 04.72.30.13.36  
e-mail : [r.goiffon.consult@wanadoo.fr](mailto:r.goiffon.consult@wanadoo.fr)  
[www.rg-consultant.com](http://www.rg-consultant.com)



N° 071179534036  
Niveau C



Chambre d'Ingénierie et du Conseil de France  
N° d'adhésion 2508



**SAINT MACLOU (27)**

**« Etude Technique Foudre »**



**SAINT MACLOU (27)**  
« Etude Technique Foudre »

Référence document

**RGC 21211**




## RÉSUMÉ :

Ce document représente le dossier d'Etude Technique Foudre réglementaire réalisé suite à l'Analyse du Risque Foudre référencé **RGC 20984**, et des spécifications techniques des installations du site sur la commune de **Saint Maclou**, située dans le département de l'Eure (**27**).

Il a été rédigé au terme de la mission que la société **BRANGEON** nous a confiée dans le cadre de la prévention et protection du risque foudre.

L'objectif est de rendre les installations ICPE en conformité vis-à-vis de l'article 2 de l'arrêté du 19 juillet 2011.

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	Approbation	Révision
Noms : <b>Martin GOIFFON</b> Date : 22/07/2012 Visa 	Nom : F. BOUSQUET Date 25/07/12 Visa 	Nom : Y. HADDACHE Date 25/07/12 Visa 	<b>A</b>

### Diffusion : GROUPE BRANGEON

**49620 - LA POMMERAYE**  
Tél. : 02.41.72.11.55  
A l'att. Mr PETITE  
Email : [nicolas.petite@brangeon.fr](mailto:nicolas.petite@brangeon.fr)

1 ex. PDF

### R.G. Consultant

2, Rue Delbourg  
69540 - IRIGNY  
Tél : 04 37 41 16 10  
Fax 04 72 30 13 36  
Email : [r.goiffon.consult@wanadoo.fr](mailto:r.goiffon.consult@wanadoo.fr)

Archive papier  
et informatique

**TABLE DES MODIFICATIONS**

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 21211	22/07/2012	Etude Technique Foudre

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR**  
**GROUPE BRANGEON**

INTITULE	N° Fournis
Plan de masse	Oui
Liste des rubriques classées ICPE	Oui
Plan de masse ATEX	Oui
Etude de Dangers	APAVE

## SOMMAIRE

<b>RESUME :</b>	<b>1</b>
<b>1. PREAMBULE</b>	<b>5</b>
<b>2. DOCUMENTS REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS</b>	<b>5</b>
<b>3. PRESENTATION GENERALE &amp; EXPERTISE</b>	<b>7</b>
3.1 PRESENTATION GENERALE	7
<b>4. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre</b>	<b>8</b>
<b>5. ETUDE TECHNIQUE</b>	<b>9</b>
5.1 PRECONISATIONS CONTRE LES EFFETS DIRECTS	9
5.2 PRECONISATIONS CONTRE LES EFFETS INDIRECTS	15
5.2.1 Parafoudre de type 1	16
5.2.2 Parafoudre de type 2	18
5.2.3 Parafoudre de type 3	19
5.2.4 Emetteurs radio, Surveillance vidéo	21
5.3 PROTECTION NATURELLE	21
5.4 PREVENTION	22
<b>6. RECEPTION &amp; VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS</b>	<b>24</b>
6.1 RECEPTION INITIALE	24
6.2 VERIFICATIONS PERIODIQUES (I. EXTERIEURES P.F. ET I. INTERIEURES P.F.)	24
6.3 VERIFICATIONS SUPPLEMENTAIRES	25
<b>7. TABLEAU DE SYNTHESE</b>	<b>26</b>
<b>8. CONCLUSION</b>	<b>27</b>

## **ANNEXES**

**Annexe 1** : Généralités & Interactions entre la foudre et les installations

**Annexe 2** : Généralités sur les protections foudre

**Annexe 3** : Carnet de bord

**Annexe 4** : Lexique

## 1. PREAMBULE

Dans le cadre du projet de mise en conformité des installations d'une plateforme logistique de containers maritimes, la société **BRANGEON** a engagé la réalisation de l'Étude Technique Foudre faisant suite à l'Analyse du Risque Foudre référencé **RGC 20984**, et réalisée par **RG CONSULTANT** sur l'ensemble du site de **Saint Maclou** (27).

Cette étude respectera d'une part, les nouvelles normes européennes de la série NF EN 62 305 et d'autre part la norme NF C 15-100, précisant que toutes les alimentations électriques des équipements sensibles d'un bâtiment équipé d'une ou de plusieurs tiges de capture doit faire l'objet de protection par parafoudre type 1 à minima au niveau des TGBT (Tableau Général Basse Tension).

Enfin, des mesures de prévention (abonnement ou détecteur local) ainsi que des modalités de vérification et de maintenance des protections (carnet de bord réglementaire, fiches de maintenance.....) sont également présentées.

## 2. DOCUMENTS REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

- **Arrêté du 4 octobre 2010** modifié par l'**arrêté du 19 juillet 2011** 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 15 janvier 2008.
- **NF EN 62 305-1** (C 17-100-1) – Juin 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].
- **NF EN 62 305-2** (C 17-100-2) – novembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Evaluation du risque].
- **NF EN 62 305-3** (C 17-100-3) – décembre 2006 [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 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].
- **NF EN 61 643 - 11** – septembre 2002 [Parafoudres pour installation basse tension].
- **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].
- **GESIP / UIC** – octobre 2009 [Recommandations pour la protection des installations industrielles contre les effets de la foudre].
- **Guide UTE C 15-712** - février 2008 [Installations photovoltaïques].
- **NF C 17-102** – septembre 2011 [Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage].

**Numéros de rubriques ICPE du site BRANGEON LOGISTIQUE à Saint Maclou:***(Issu de : Récépissé de déclaration AP du 09 juin 2010)*

1434 1. B) Liquides inflammables (installation de remplissage ou de distribution, à l'exception des stations-service visées à la rubrique 1435), installations de chargement de véhicules: citernes, de remplissage de récipients mobiles, le débit maximum équivalent de l'installation pour les liquides inflammables de la catégorie de référence (coefficient 1 étant), supérieur ou égal à 1 m<sup>3</sup>/h mais inférieur à 20 m<sup>3</sup>/h

**Valeur déclarée 4m<sup>3</sup>/h**

2663 2 b) Pneumatiques et produits dont 50 % au moins de la masse totale unitaire est composée de polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (stockage de), supérieur ou égal à 1 000 m<sup>3</sup> mais inférieur à 10 000 m<sup>3</sup>

**Valeur déclarée 7 500m<sup>3</sup>**

2713 2. Installation de transit, regroupement ou tri de métaux ou de déchets de métaux non dangereux, d'alliage de métaux ou de déchets d'alliage de métaux non dangereux, à l'exclusion des activités et installations visées aux rubriques 2710, 2711 et 2712. La surface étant supérieure ou égale à 100 m<sup>2</sup> et inférieure à 1 000 m<sup>2</sup>

**Valeur déclarée 350m<sup>2</sup>**

2714 2. Installation de transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux de papiers/cartons, plastiques, caoutchouc, textiles, bois à l'exclusion des activités visées aux rubriques 2710 et 2711. Le volume susceptible d'être présent dans l'installation étant supérieur ou égal à 100 m<sup>3</sup> mais inférieur à 1 000 m<sup>3</sup>

**Valeur déclarée 800m<sup>3</sup>**

Aucune de ces rubriques n'est concernée par l'arrêté du 19 juillet 2011.



### 3. PRESENTATION GENERALE & EXPERTISE

#### 3.1 Présentation générale

La Société **BRANGEON LOGISTIQUE** gère une unité de remplissage de containers maritimes avec des matériaux de diverses natures sur la commune de **Saint Maclou (27)**.



**Photo n°1** : Vue aérienne du site de Saint Maclou (Source : Google)

Les équipements de protection contre l'incendie sont les suivants:

- Extincteurs et portes coupe-feu,
- Alarme incendie bâtiment basculeur.

Le terrain, qui occupe une surface globale de **38 738 m<sup>2</sup>**, comprend les installations suivantes :

- un bâtiment de 1 600 m<sup>2</sup> pour l'activité de basculement et remplissage de containers,
- des bungalows modulaires (local d'accueil, bureaux, locaux sociaux),
- des surfaces imperméabilisées en enrobé bitumineux (voirie, plateforme de stockage des containers) : 29 000m<sup>2</sup>,
- une station de distribution de carburants et une aire de lavage,
- 2 bassins de régulation des eaux pluviales (2 000 et 1 000 m<sup>3</sup>).
- Environ 5 000 m<sup>2</sup> d'espaces verts en périphérie du site (aménagement paysager).

Environ 15 personnes travaillent sur le site.



### Equipements Sensibles / Organes de sécurité

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 ainsi que leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
Détection Incendie	Oui
Report d'alarme	Oui
Extincteurs	Non
RIA	Non

**Tableau n°1** : Organes de sécurité sensible à la foudre

## 4. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

L'Analyse du Risque Foudre préalable a permis d'évaluer les risques et de préciser quelles sont les protections à mettre en œuvre d'une manière obligatoire ou non.

A la vue des conclusions de cette dernière réalisée par RG CONSULTANT sous la référence **RGC 20984**, la protection contre les effets directs et indirects de la foudre est **nécessaire**.

Bâtiment ou Installation	Niveau de protection requis	
	I.E.P.F (Installations Extérieures de Protection contre la Foudre)	I.I.P.F (Installations Intérieures de Protection contre la Foudre)
Bâtiment basculeur	IV	IV

**Tableau n°2** : Niveau de protection requis suite à l'ARF

## 5. ETUDE TECHNIQUE

La présente Etude Technique a pour objectif de définir de façon détaillée les Installations Extérieures et Intérieures de Protection contre la Foudre (I.E.P.F. et I.I.P.F.) permettant de respecter les dispositions des normes NF C 17102, NF EN 62305-2, 3, et 4 et NFC 15 100 (en ce qui concerne les parafoudres).

Il ressort de l'Analyse du Risque Foudre précédente (voir tableau n° 2), que le **Bâtiment Basculeur** présente un risque supérieur au seuil tolérable défini par la norme NF EN 62305-2.

### 5.1 Préconisations contre les effets directs

L'analyse de risque aboutit à une **nécessité de protection** contre les effets directs de la foudre des structures suivantes :

❖ **Par application de la NF EN 62305-2 :**

▪ **Bâtiment Basculeur**

Installation de Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA), **de préférence testables à distance**.

#### Dispositifs de capture

Etant donné le classement de l'établissement au titre de la législation sur les ICPE, le rayon de protection du PDA doit être abaissé de 40 % pour considérer la protection efficace.

Avec la mise en place de PDA présentant les caractéristiques minimales suivantes :

- Avance à l'amorçage : 60  $\mu$ s ;
- Hauteur au-dessus de la structure à protéger : 6 m.

On obtient un rayon de protection de 64,2 m.

Il est donc nécessaire **d'installer 1 PDA** pour atteindre le **niveau IV** requis dans l'ARF

Le plan d'implantation du PDA est représenté ci-dessous :



#### Légende :



PDA sur mât de 6 m avec Rp de  
64,2 m



Prise de terre du paratonnerre



Conducteur de descente

La **distance de séparation** calculée est de **120 cm**. Cela signifie que l'ensemble des masses métalliques situées à moins de **120 cm** d'un conducteur de descente, devra y être raccordé par un conducteur de même nature que le conducteur de descente afin d'éviter tout amorçage.

Lorsqu'un conducteur de descente croise, longe ou ne respecte pas la distance de séparation avec une conduite de gaz, il devra être interconnecté à l'aide d'un éclateur.

Cette distance a été calculée à partir de la formule suivante, tirée de la norme NF C 17102 :

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

où

$k_i$  : dépend du type de SPF choisi ;

$k_c$  : dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente ;

$k_m$  : dépend du matériau de séparation ;

$l$  : est la longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture ou des conducteurs de descente entre le point où la distance de séparation est prise en considération et le point de la liaison équipotentielle la plus proche.

## CONDUCTEURS DE DESCENTE

Le paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) devra être relié à la terre par 2 descentes, qui devront être installés conformément à la norme NF C 17-102 et être disposés de manière à être, autant que possible, en continuité directe avec le dispositif de capture.

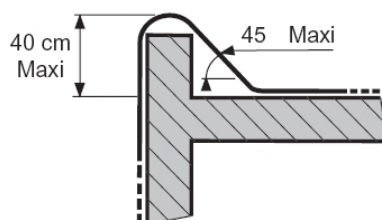
Les descentes doivent être installées de façon rectiligne et verticale, en suivant le trajet le plus court et le plus direct possible à la terre. La formation de boucle est interdite.

La fixation des descentes en toiture, se fera à l'aide de 3 fixations au mètre (tous les 33 cm).

Elles ne doivent pas être installées dans les gouttières ou tuyaux de descente, même s'ils sont recouverts d'un matériau isolant. Les effets de l'humidité dans les gouttières provoquent une forte corrosion de la descente.

Les raccordements des descentes se feront impérativement par soudure aluminothermique ou brasure.

En cas de franchissement d'obstacle, le rayon de courbure doit être respecté comme expliqué sur la figure suivante :



**Figure 1** : Rayon de courbure « principe »

**Nota : aucune remontée de plus de 40 cm n'est admise, en particulier pour les conducteurs de descente qui seront mutualisés.**

Un joint de contrôle et une protection mécanique sont exigés pour tous les conducteurs de descente.

- Il permet d'assurer la déconnexion des conducteurs de descente, il est en laiton matricé, porte la mention « paratonnerre » et le symbole « prise de terre ».
- Il sera placé à environ deux mètres du sol. La descente sera protégée entre le joint de contrôle et le sol, par une gaine en acier inoxydable ou en acier galvanisé.

Lorsque les conditions de proximité ne sont pas respectées (distance de séparation), la mise à la terre des masses métalliques est réalisée par un conducteur de même nature que le conducteur de descente

Pour limiter le phénomène des tensions de pas et de contact à proximité des descentes, le maître d'œuvre doit mettre en place une pancarte d'avertissement près de chaque conducteur de descente et/ou les isoler par une gaine en polyéthylène réticulé d'une épaisseur minimum de 3 mm.



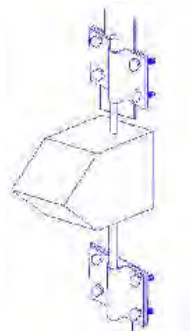
**Photo n°2** : Exemple de pancarte d'avertissement

## **DISPOSITIFS DE COMPTAGE**

Un compteur de coups de foudre sera monté en série sur l'une des descentes de chaque PDA et respectera les prescriptions du constructeur.

Les compteurs installés pourront être mécaniques et/ou électroniques sans clé d'activation (magnétique ou autre) et sans remise à zéro automatique.

Il sera placé **au-dessus du joint de contrôle** à une hauteur d'environ deux mètres.



**Figure 2** : Compteur de coup de foudre en série

L'installation sera conforme au guide UTE C 17 106.

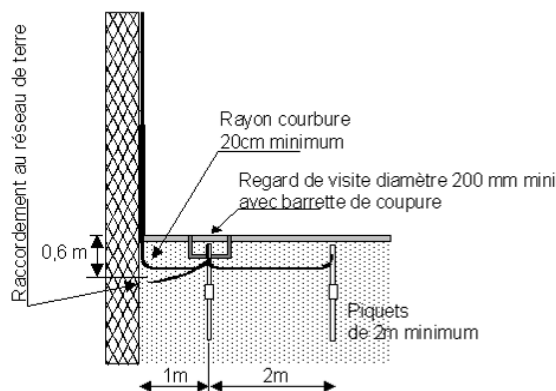
Un certificat de test devra être impérativement fourni avec le DOE et chaque compteur installé incrémenté à 0 dès l'installation.

## PRISE DE TERRE

Afin d'assurer l'écoulement du courant de foudre dans la terre (comportement à haute fréquence) en minimisant les surtensions dangereuses, la forme et les dimensions des prises de terre sont des critères importants. Une faible résistance de terre (inférieure à 10 Ohms lors d'une mesure à basse fréquence) est recommandée.

L'installateur a donc en charge tous les éventuels travaux complémentaires nécessaires, afin d'obtenir une valeur inférieure à 10 Ohms.

Chaque PDA devra être relié à une prise de terre type A, composée au minimum de 3 piquets de terre verticaux, d'une longueur totale minimale de 6 m, espacés entre eux d'une distance d'au moins 2 m, et reliés entre eux par un conducteur enterré en tranchée à au moins 50 cm de profondeur.



**Figure 3 : Prise de terre type A**

Les piquets verticaux de la prise de terre doivent être soudés au conducteur par aluminothermie ou brasure.

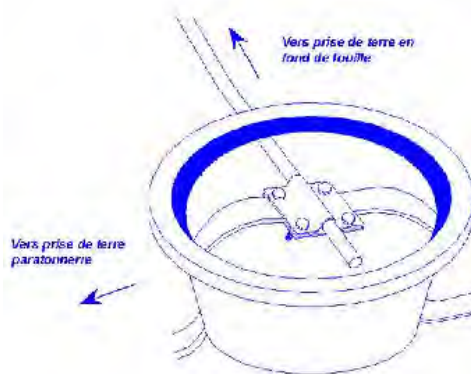
Toutes les précautions doivent être prises pour éviter les phénomènes d'électrolyse.

Chaque prise de terre doit être connectée au fond de fouille du bâtiment. Cette liaison est déconnectable et se fera par raccord mécanique en inox, permettant de mesurer, de façon individuelle, la valeur de chacune des prises de terre, une fois déconnectées de la terre électrique et de la structure.

La connexion à la prise de terre sera visible, déconnectable et réalisée à l'aide d'un regard de visite accessible en chaussée.

Ce dernier est facilement accessible et repérable (il portera la mention «Prise de terre»).





**Figure 4** : Regard de visite

La liaison au réseau de terre général se fera par l'intermédiaire d'un conducteur en cuivre nu rond de section minimale 50 mm<sup>2</sup>.

Pour chaque prise de terre et chaque interconnexion à réaliser en enterré, l'entreprise devra s'assurer auprès de **BRANGEON LOGISTIQUE** du passage d'éventuelles canalisations enterrées sur la zone d'implantation de la prise de terre.

Les éléments constitutifs des prises de terre de paratonnerres doivent être situés à une distance minimale des services enterrés désignés ci-dessous :

Services enterrés	Distance minimale d'éloignement (en mètre)
Canalisation électrique HTA	0,5
Canalisation électrique BT sans prise de terre	2
Prise de terre avec réseau de distribution BT	10
Conduite métallique de gaz	2

## 5.2 Préconisations contre les effets indirects

Les résultats de l'analyse de risque aboutissent à une **protection obligatoire** contre les **effets indirects de niveau IV** pour le **Bâtiment Basculeur**.

De plus, en présence de paratonnerres ou protection contre les effets directs de la foudre, la norme NF C 15100 oblige la pose de parafoudres dans les TGBT et dans certaines armoires divisionnaires alimentant des fonctions critiques et importantes pour la sécurité (E.I.P.S.).

### TRAVAUX A REALISER :

#### ➤ T.G.B.T

Installation d'un parafoudre **type 1 + 2 niveau IV** équipé d'un dispositif de déconnexion en amont sur le TGBT.

Le tableau suivant, tiré de la norme CEI 62305-1, nous indique les valeurs maximales des paramètres de foudre correspondant aux niveaux de protection contre la foudre :

Premier choc court			Niveau de protection			
Paramètres du courant	Symbole	Unité	I	II	III	IV
Courant crête	$I$	kA	200	150	100	

**Tableau n°3** : Valeurs du courant de foudre direct  $I_{imp}$  maxi

Le niveau de protection déterminé par l'Analyse du Risque Foudre conduit à déterminer le courant foudre que doit pouvoir écouler le parafoudre.

D'après l'annexe E de la norme CEI 62305-1, il est considéré que la moitié du courant de foudre s'écoule à la terre.

Ce courant est donné par la formule suivante :

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

Où n est le nombre total des éléments conducteurs (pôles).

On obtient ainsi les résultats suivants :

	Niveau de protection			
	I	II	III	IV
	Valeur de $I_{imp}$ mini (en kA)			
<b>IT avec neutre</b>	25,0	18,8	12,5	
<b>IT sans neutre</b>	33,3	25,0	16,7	
<b>TN-C</b>	33,3	25,0	16,7	
<b>TN-S (tri + neutre)</b>	25,0	18,8	12,5	
<b>TN-S (mono)</b>	50,0	37,5	25,0	
<b>TT (tri + neutre)</b>	25,0	18,8	<b>12,5</b>	
<b>TT (mono)</b>	50,0	37,5	25,0	

La norme NF EN 61643-11 impose que ces parafoudres soient soumis aux essais de classe 1, caractérisés par des injections d'ondes de courant de type 10/350 $\mu$ s (Iimp). Les caractéristiques que devront respecter ces parafoudres de type 1 sont les suivantes :

- Courant de choc minimum : I<sub>imp</sub> 12,5KA
- Tension résiduelle Up inférieure ou égale à 1,5 KV

➤ Armoires divisionnaires

Des parafoudres de type 2 et de courant nominal de décharge In de 20 kA minimum répondant à des tests en onde de courant 8/20 $\mu$ s (Imax et In), devront être installés au niveau de chaque armoire divisionnaire alimentant les EIPS :

- Armoire ZTCI (Le parafoudre actuel pourra être conservé sous réserve de coordination),
- Armoire d'alimentation et de gestion du pont bascule,
- installations jugées importantes par le maître d'ouvrage (Autocom, Informatique...).

**NOTA :** L'installation des parafoudres devra impérativement respecter les recommandations du guide UTE C 15-443 et respecter une homogénéité des marques (coordination).

5.2.1 Parafoudre de type 1

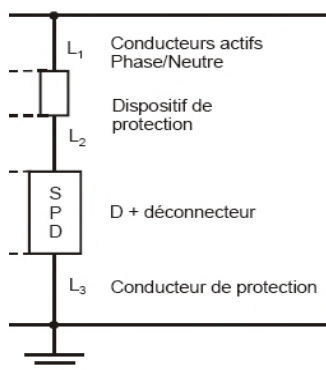
**Raccordement :**

La protection Type 1 sera raccordée au niveau du jeu de barres principal du TGBT.

Une signalisation, par voyant mécanique, indique le défaut et un contact inverseur permet d'assurer le report d'alarme à distance.

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)**.



La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443.

### Dispositifs de déconnexion :

Il sera prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles HPC, disjoncteur...).

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

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 en cas de destruction du parafoudre. Une signalisation par voyant mécanique indique le défaut et un contact inverseur permet d'assurer le report d'alarme à distance.

Tension max de régime permanent	Uc	selon la tension réseau
Courant de fonctionnement permanent	Ic	selon la puissance installée
Niveau de protection	Up	1,5 ou 2,5 kV
Courant max de décharge par pôle	Imp. mini en kA	<b>Niveau IV</b> IT avec neutre (tri+neutre) 12,5 kA IT sans neutre (tri) 16,7 kA TNC 16,7 kA TNS (tri+neutre) 12,5 kA TNS (mono) 25 kA <b>TT (tri+neutre) 12,5 kA</b> TT (mono) 25 kA
Forme de l'onde		10/350 $\mu$ s
Mode de protection		Phase / terre

**Règle 1 :** Respecter la longueur L ( $L_1 + L_2 + L_3$ ) < 0,50 m (7.4.2 et annexe H) en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

**Règle 2 :** Réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même côté du tableau.

**Règle 3 :** Séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers l'installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non-plus traverser la boucle (règle 2).

**Règle 4 :** Plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.

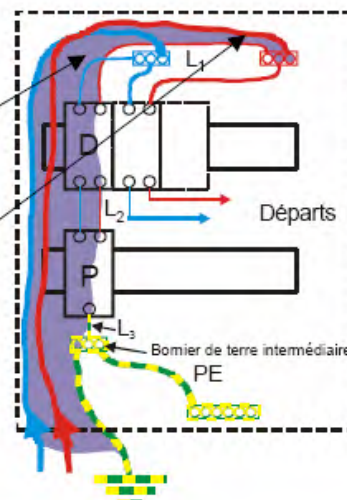


tableau électrique

### 5.2.2 Parafoudre de type 2

#### **Raccordement :**

La protection Type 2 est raccordée en aval du disjoncteur principal du tableau divisionnaire. La protection est débrochable afin de faciliter les opérations de maintenance. Une signalisation par voyant mécanique indique le défaut et un contact inverseur permet d'assurer le report d'alarme à distance.

Le raccordement 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 et PE. La longueur cumulée de conducteurs parallèles de raccordement du parafoudre au réseau doit être inférieure à 0,50 m.

Le câblage est identique au parafoudre type 1.

#### **Dispositifs de déconnexion :**

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles HPC, disjoncteur...). Ce dispositif sera dimensionné par l'installateur (**note de calculs à l'appui**). Afin de privilégier la continuité des installations électriques, les dispositifs de protection des parafoudres respecteront **les règles de sélectivité**.

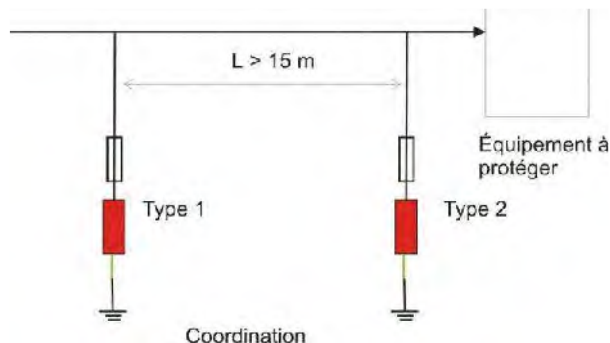
Le dispositif de protection doit permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée, et devra garantir la protection contre les contacts indirects après destruction du parafoudre. Une signalisation par voyant mécanique indique le défaut et un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

Tension max de régime permanent	Uc	selon la tension réseau
Courant de fonctionnement permanent	Ic	selon la puissance installée
Niveau de protection	Up	1,5 kV
Courant de décharge	In	20 kA
Courant de décharge max	I <sub>max</sub>	40 kA
Forme de l'onde		8/20 µs
Mode de protection		Phase / terre
Télésurveillance		voyant ou contact

#### Caractéristiques des protections demandées :

Embase avec report de fin de vie  
 Montage Rail DIN  
 Configuration Modulaire débrochable (Fiche+ Embase)  
 Signalisation défaut Par voyant mécanique  
 Télésignalisation Par contact sec inverseur 250VAC/125VDC  
 Tension assignée U<sub>c</sub> 440 V AC  
 Pouvoir de décharge 10 kA nominal en onde 8/20µs (x20 chocs)  
 Pouvoir de décharge 20 kA maximum en onde 8/20µs (x1 choc)  
 Courant de fuite vers PE < 0,3 mA  
 Section raccordable 35 mm<sup>2</sup>

La longueur totale de la liaison entre la masse de référence et la ligne doit être la plus courte possible.

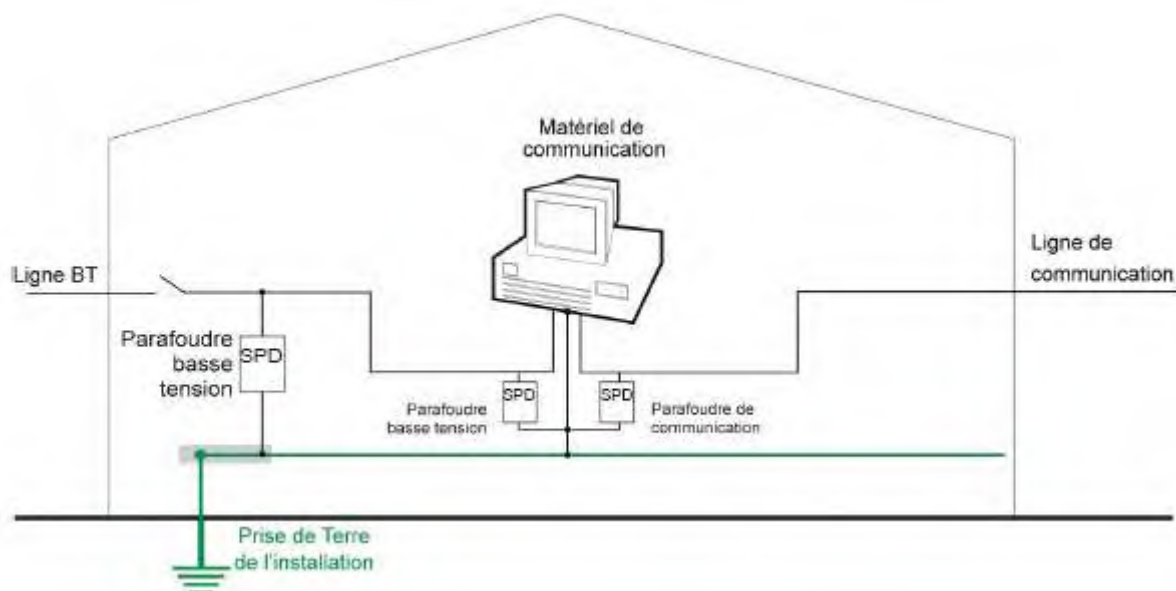


### 5.2.3 Parafoudre de type 3

La protection Type 3 est dédiée à la protection des équipements très sensibles ou d'une importance stratégique notoire. Cette dernière est destinée à répondre aux effets induits par la foudre.

- Raccordement :

La protection de Type 3 (protection fine) est raccordée en série. Le raccordement au réseau équipotentiel doit être réalisé de la manière la plus courte possible.



Afin de se prémunir des surtensions arrivant par les lignes téléphoniques (lignes provenant de l'extérieur du site ou lignes internes desservant d'autres bâtiments), il est nécessaire de mettre en place une protection adéquate.



En raison du grand nombre de lignes pouvant être connectées à l'autocommutateur, il est essentiel d'optimiser la protection de celles-ci en différenciant les types de lignes :

- Celles provenant de l'extérieur du site : Elles doivent être protégées en raison de leur importance stratégique,
- Les lignes internes au site et cheminant vers un autre bâtiment que celui renfermant l'autocommutateur. Il faut distinguer :
  - La ligne est raccordée à un appareil possédant une alimentation 230 V : il faut systématiquement protéger la ligne côté autocommutateur.
  - Les lignes internes restant dans le même bâtiment que l'autocommutateur : La protection par parafoudre n'est pas nécessaire.

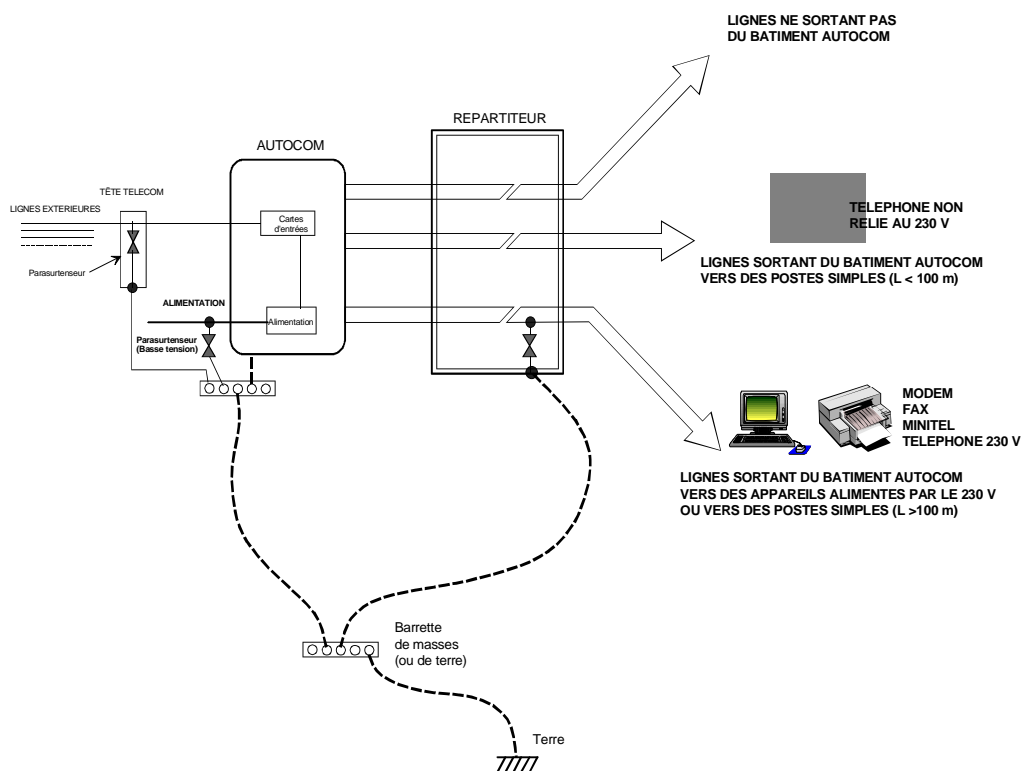


Schéma de principe pour la téléphonie

Les parasurtenseurs à installer seront choisis en fonction de la connectique requise, du niveau de tension du signal, du débit de transmission ou de la bande de fréquence.

Ce type de protection **devra être installé** sur le **Bâtiment Basculeur** en cas d'installation d'un report d'alarme incendie.

#### 5.2.4 Emetteurs radio, Surveillance vidéo

Les antennes sont susceptibles de capter le champ électromagnétique rayonné par les éclairs. De ce fait, elles peuvent transmettre des surtensions à l'émetteur.

Pour éviter cela, il est nécessaire de protéger les entrées « antenne » des émetteurs par un parafoudre coaxial. Celui-ci sera connecté directement sur l'émetteur.

Son impédance caractéristique et sa bande passante doivent être choisies en adéquation avec l'émetteur.

Cette préconisation doit particulièrement être respectée pour d'éventuelles antennes installées sur les bâtiments ainsi qu'en présence de panneaux photovoltaïques.

Les câbles coaxiaux du système de surveillance vidéo sont des vecteurs d'entrée des perturbations atmosphériques.

Afin de protéger les systèmes de traitement, il est recommandé d'équiper leurs entrées / sorties avec les parafoudres coaxiaux. Ils seront choisis en fonction de la bande passante et du niveau de tension du signal.

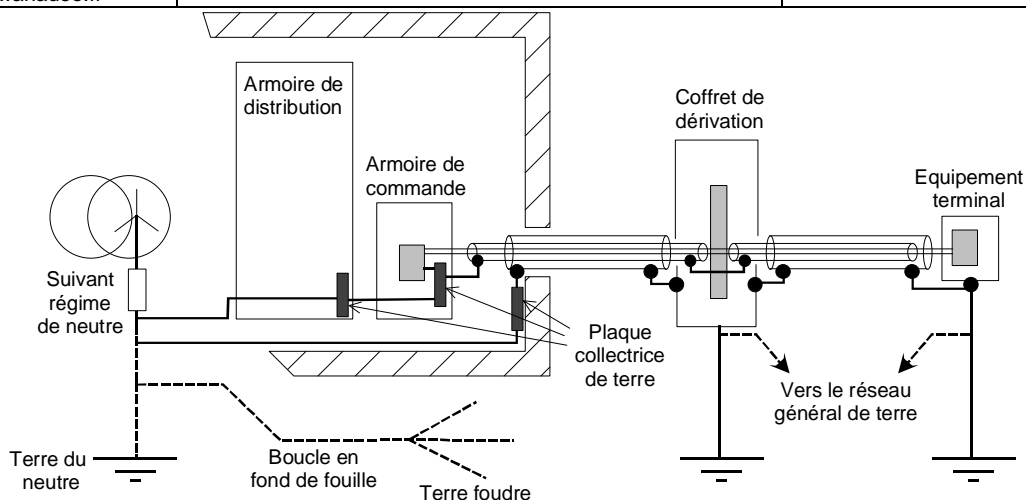
### 5.3 Protection naturelle

Les liaisons « courants faibles » peuvent présenter une certaine immunité vis-à-vis de la foudre en fonction des câbles choisis et de leur mode de pose.

Une protection efficace contre les effets de la foudre peut être obtenue avec un double blindage :

- Le blindage externe doit être continu et raccordé à la terre chaque fois que possible,
- Il doit avoir une section suffisante pour écouler une fraction du courant de foudre (typiquement 6 à 16 mm<sup>2</sup>),
- Le blindage interne doit être continu et raccordé à la masse uniquement à une extrémité, généralement du côté des baies de traitement ou de mesure,
- Sa section a peu d'importance car il joue le rôle d'écran électromagnétique.

Ces règles sont illustrées sur la figure page suivante.



Assurer la continuité électrique du blindage interne et le raccorder aux masses de l'armoire de commande.  
Assurer la continuité électrique du feuillard métallique externe et le raccorder à la terre à ses extrémités et chaque fois que possible.  
Maintenir un isolement entre le blindage interne et le feuillard métallique externe.

Schéma de principe protection par blindages adaptés

## 5.4 Prévention

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 19 juillet 2011, « 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 évènements, 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.

**Conclusion :**

En absence de dépotage de produits dangereux, un système de détection d'orages alertant l'arrivée potentielle de la foudre est inutile.

## 6. RECEPTION & VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS

### 6.1 Réception 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.

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

La prochaine mission de vérification comportera l'inspection des parafoudres : caractéristiques, respect des règles de l'art (liaison barrette < à 50 cm), etc.

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'étude technique.

### 6.2 Vérifications périodiques (I. Extérieures P.F. et I. Intérieures P.F.)

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 systèmes critiques (année)
I et II	1	2	1
III et IV	2	4	1

NOTE : Pour les structures avec risque d'explosion, une inspection complète est suggérée tous les 6 mois. Il convient d'effectuer des essais une fois par an.  
Une exception acceptable à l'essai annuel peut être un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des mesures de prise de terre en diverses saisons.

**Figure 5** : 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 **Bâtiment Basculeur** située à **Saint Maclou**, l'arrêté du 19 juillet 2011 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.

Comment savoir si une surcharge ou des amorçages trop fréquents n'ont pas eu d'incidences sur le bon fonctionnement des parafoudres installés ?

Si une démarche de vérification est mise en place, elle devra comporter une mission de contrôle de l'état des modules à l'aide d'une valise test (valise CHECKmaster ou équivalent) avec affichage des résultats des essais et raccordement par interface sur imprimante et PC pour exploiter les données et les incorporer au dossier « maintenance foudre ».

**6.3 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,
- Des perturbations sur des contrôles/commandes ont été constatées : une vérification de l'état des dispositifs de protection contre les surtensions est alors nécessaire.

Toutes ces vérifications devront être annotées dans un carnet de bord mis à disposition du vérificateur, inspecteur, etc.



## 7. TABLEAU DE SYNTHESE

Installations/ équipements	Préconisations (effets directs et indirects)	Obligation	Optimisation
<b><u>I.E.P.F.</u></b> <b>Bâtiment Basculeur</b>	<b><u>Installation Extérieure de Protection Foudre</u></b> Installation d'un SPF de niveau IV conformément au § 5.1 de cette Etude Technique (Installation d'1 PDA)	X	
<b><u>I.I.P.F.</u></b> <b>TGBT</b>	<b><u>Installation Intérieure de Protection Foudre</u></b> Mise en place de parafoudre type 1+2 de niveau IV : onde 10/350 µs, conformément au § 5.2 de cette étude technique.	X	
<b>AD jugées importantes</b>	Protection par parafoudres type 2 (caractéristiques : onde 8/20 I <sub>max</sub> 40 kA et U <sub>p</sub> < 1,5 kV) conformément au § 5.2 de cette étude technique.	X	
<b>Telephonie</b>	Cf § 5.2.3 : Installation de parafoudre type 3 (ligne téléphonique pour report d'alarme).	X	
<b>Prévention Personnel</b>	Procédure à respecter en période orageuse, alerte foudre : <ul style="list-style-type: none"> <li>- soit par un système autonome local type moulin à champ, Détektstorm ou équivalent</li> <li>- soit par un abonnement annuel à un service national de détection de front orageux, avertissant les services concernés que le risque d'orage sur la zone est élevé (Météorage).</li> <li>- Télé comptage (Météorage)</li> </ul>		X  X  X
<b>Missions d'Ingénierie</b>	Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) Assistance, suivi de chantier (AMO) (ACT) (EXE)		X X
(en cas de travaux)	Réception initiale des travaux (REC) Vérification périodique Visuelle Vérification périodique Complète Formation du personnel (FOR) Dossier Unique Foudre	X X X	X X

## 8. CONCLUSION

Cette étude foudre a permis d'évaluer les risques et de préciser quelles sont les protections à mettre en œuvre d'une manière obligatoire et celles qui peuvent être installées à titre d'optimisation sur le site étudié. Le résultat de cette étude montre que le **Bâtiment Basculeur à Saint Maclou** doit de se protéger contre les effets directs et indirects de la foudre.

Concernant les effets directs de la foudre, le bâtiment sera protégé avec un **SPF de niveau IV**, conformément au § 5.1 de cette étude technique. Il faut donc installer 1 Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage.

La présence de parafoudres est rendue **obligatoire** par l'analyse du risque foudre, en amont sur le TGBT et dans certaines armoires divisionnaires jugées importantes par le maître d'ouvrage,

Les parafoudres devront tenir compte d'une homogénéité des marques.

-----

Si des travaux sont décidés, il serait nécessaire de confier l'ensemble des missions d'ingénierie à un interlocuteur unique ayant les compétences et l'indépendance nécessaire, pour réaliser les missions suivantes : AMO, ACT, REC, sans oublier la formation du personnel.

Cet interlocuteur s'assurera de la qualité de la mise en œuvre des protections foudre, de leur maintenance, des réceptions initiales successives à l'aide du carnet de bord obligatoire, à mettre à la disposition des inspecteurs en charge des installations classées attestant de leur réalisation.

Lorsque les travaux de protection seront achevés, une vérification Initiale de conformité globale devra être assurée par un organisme compétent avant 6 mois.

Enfin, en absence de dépotage ou manipulations de produits dangereux un système de détection d'orages alertant l'arrivée potentielle de la foudre n'est pas indispensable.

Toutes ces opérations devront être incluses dans le contrat des contrôles périodiques répondant au décret du 18 novembre 1988.

### 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****Généralités & interactions entre la foudre et  
les installations**

## GENERALITES & INTERACTIONS ENTRE LA FOUDRE ET LES INSTALLATIONS

### Généralités : Le phénomène orageux

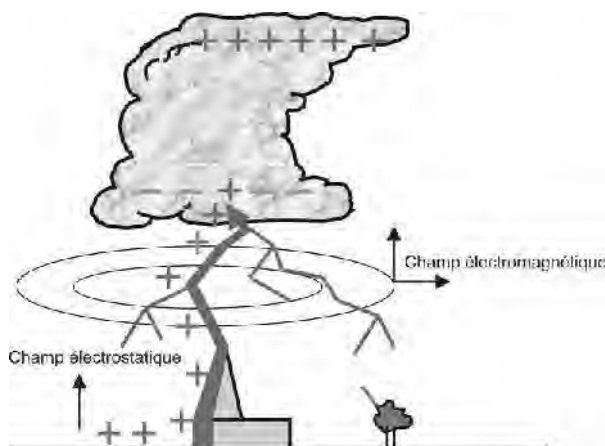
Il convient de connaître la nature du phénomène qui conduit à la foudre.

Les différents paramètres mesurables rencontrés au cours de l'évolution de l'activité orageuse peuvent être utilisés dans le cadre de nécessité de détection précoce des phénomènes orageux (Chargement/déchargement de produits dangereux : gaz, liquide, poussières organiques, pyrotechniques ou opérations délicates et/ou sensibles en laboratoires...).

Les alertes fournies par les différents systèmes sont plus ou moins compatibles avec la mise en place des procédures de sécurisation du site. Ce besoin peut être quantifié par le degré de fiabilité et le niveau de préavis requis.

### La foudre

Les phénomènes orageux électriques sont issus d'un seul type de nuage, le cumulonimbus.



L'apparition de la foudre correspond à la phase terminale de son développement vertical où un processus de glaciation provoque un mécanisme d'électrification.

- Sous l'emprise de puissants courants verticaux des particules électriques sont créées et se séparent en différentes parties du nuage.
- Cette séparation des charges électrostatiques, qui d'une façon simplifiée fait que les positives sont dans la partie haute, et les négatives dans la partie basse, va être le moteur de la foudre.

Figure 1 : Phénoménologie

Des charges issues des nuages vont développer un traceur descendant.

Lorsqu'elles rencontrent celles émanant du sol ou leur traceur ascendant, le canal de foudre est alors créé.

Les charges au sol, en un arc en retour, vont remonter vers le nuage par ce canal, et provoquer un fort courant instantané rayonnant un champ électromagnétique élevant la température à 30 000 degrés d'où l'éclair et dilatant fortement l'air d'où le tonnerre.

## Les phases du phénomène

Une cellule orageuse peut se développer, en une vingtaine de minutes, en trois phases principales dans lesquelles apparaissent les différents paramètres mesurables ou détectables, puis elle s'effondre et disparaît.

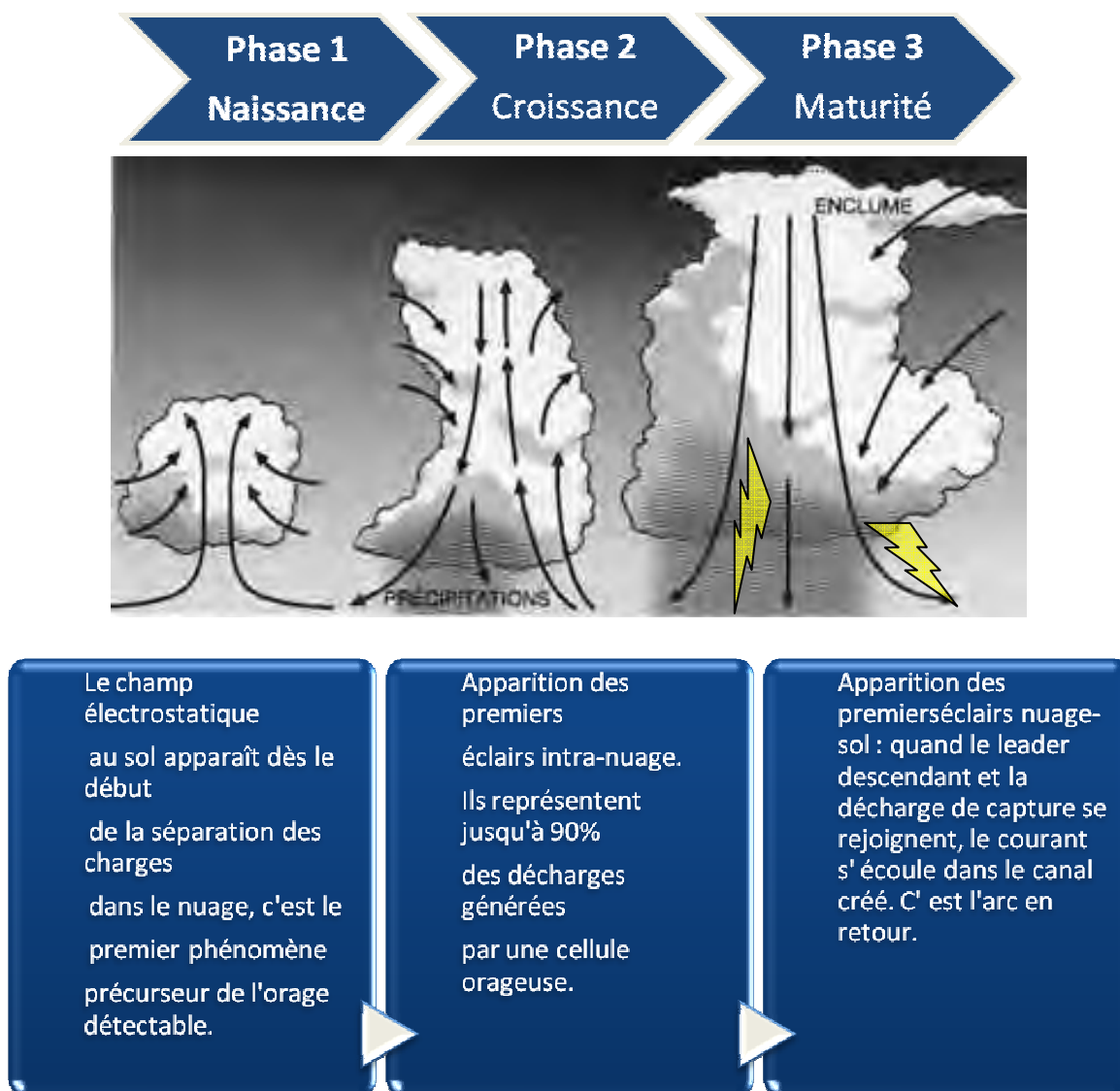


Figure 2 : Tableau des phases du phénomène (Or. UTE)

### **Les Installations dangereuses**

Les interactions dangereuses entre la foudre et les procédés résident par la destruction d'équipements électriques sensibles et ses conséquences sur l'Environnement (incendie non détecté par une centrale en panne, détecteur de gaz indisponible, dysfonctionnement d'automates ou destruction de composants dans des zones explosives....).

En provoquant également des amorçages électriques suffisamment énergétiques dans les installations électriques et de faibles niveaux, la foudre peut apporter des perturbations pouvant mettre en péril plusieurs unités et installations comme des stockages de matières premières inflammables.

L'étude se limitera aux installations sur lesquelles la foudre peut constituer un risque pour la sûreté des équipements, la sécurité du personnel et, surtout, dans le cadre de cette étude, porter atteinte à l'Environnement.

### **Les Installations sensibles et équipements**

Les équipements importants pour la sécurité, tels que les équipements gérant l'informatique, les centrales de détections (intrusion, alarme incendie...) et les installations téléphoniques (autocommutateur...), devront faire l'objet de mise à niveau concernant la protection contre les effets indirects de la foudre.

Si une ligne téléphonique est éventuellement indépendante d'un autocom, elle devrait alors être impérativement protégée. Suite à une activité orageuse violente, non seulement l'autocom pourrait être indisponible mais l'émetteur des radios mobiles endommagé. Cette ligne téléphonique deviendrait le seul moyen de communication avec les services de secours en cas de situation critique (blessé, incendie, dysfonctionnement grave...).

D'autre part, des surtensions importantes sur les lignes téléphoniques peuvent provoquer des lésions au niveau auditif par temps d'orage lorsque le personnel n'a pas les moyens d'être alerté soit par un système autonome soit par le réseau national. Le seul moyen de réduire ce risque est de protéger toutes les lignes de télécommunication entrantes.

### **Accidentologie foudre, statistiques et retour d'expérience (REX)**

L'étude des accidents survenus sur des installations industrielles a pour objectif de cerner précisément les conséquences des défaillances étudiées.

L'étude de l'accidentologie comprend l'inventaire, non exhaustif, des incidents ainsi que l'analyse et le retour d'expérience.

La foudre et ses effets indirects sont à l'origine de nombreux dysfonctionnements dans le contexte industriel, en particulier sur les équipements sensibles et les Équipements Importants Pour la Sécurité.

Certains sinistres, dont les causes sont directes et/ou indirectes, peuvent avoir des conséquences plus graves dans certaines activités où sont stockées et/ou transférées des produits dangereux (explosion, pollution et toxicité).



Exemple d'un entrepôt de matériel électrique à Nîmes (30), en 2005.

L'expertise des sinistres a révélé les faits suivants :

« Lors d'une activité orageuse violente la foudre tombe sur une lampe d'éclairage installée en haut d'un pylône destiné à éclairer le stockage extérieur. La foudre est remontée jusqu'à l'armoire divisionnaire et a déclenché un violent incendie. La présence d'aucune protection par parafoudres ni paratonnerre n'a été constatée. Le bâtiment a été détruit en totalité. Il est à noter que ce grossiste en matériel électrique stockait des protections parafoudres pour ses clients électriciens »

### **Historique sinistres foudre et statistiques internationales**

Différents incidents sont survenus mais n'ont pu être totalement identifiés comme les conséquences de phénomènes de foudre.

- **Statistiques internationales**

Plusieurs pays ont entamé des études statistiques sur le coût des sinistres, en particulier les Etats-Unis, la Belgique, l'Espagne et l'Allemagne.

En Allemagne, la compagnie d'assurance du Wurtemberg (Francfort) a obtenu à ce sujet des chiffres éloquentes de 2002 à 2007 :

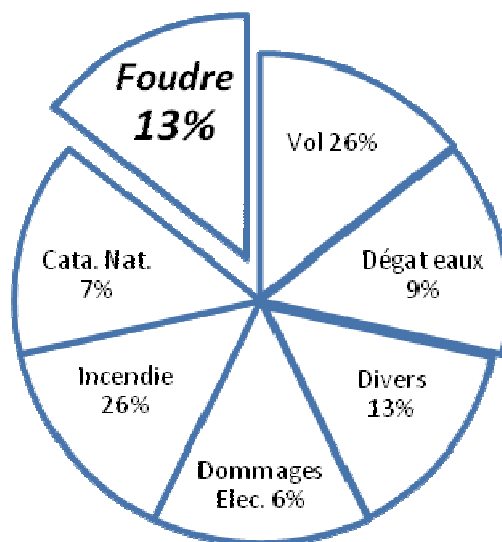


Figure 3 : Statistiques des causes des sinistres (Or. APSAD)

Le groupe belge de la sécurité informatique, le « CLUSIB », créé en 1989 par la Fédération des Entreprises de Belgique et certains de leurs membres (banques, industries, assureurs) a publié un document relatif aux principales causes de sinistres informatiques en 2006.

Les principales causes de ces sinistres, autres que ceux résultant de virus, erreur de saisie, transmission, vol, fraude, sabotage, figurent dans le tableau ci-après :

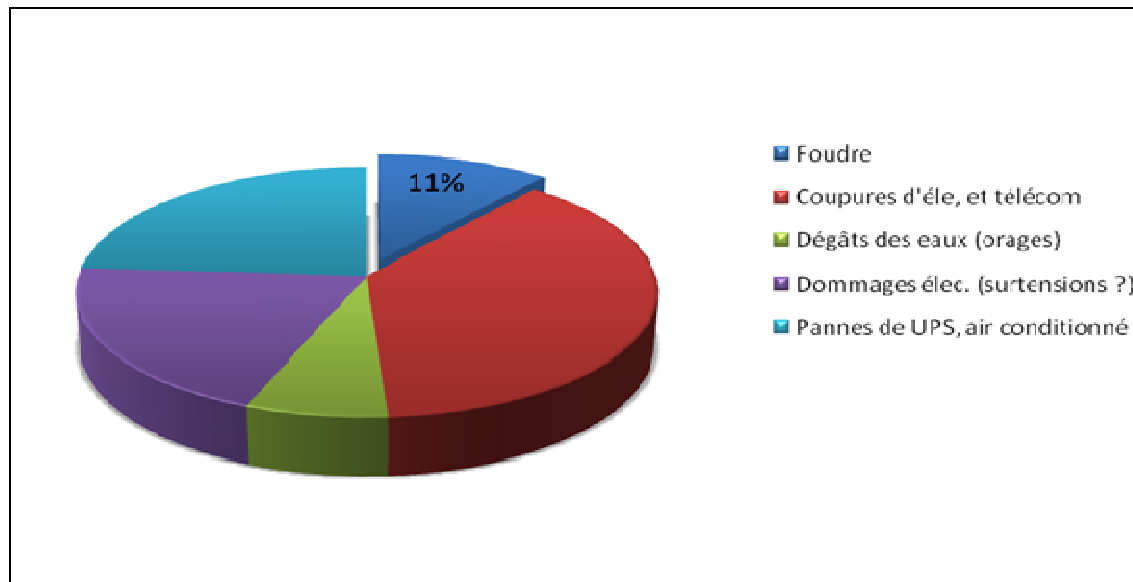


Figure 4 : Principales causes de sinistres informatiques

Il est important de remarquer que les effets non destructifs de la foudre, tels que le vieillissement prématuré de certains composants ou une dérive de leurs caractéristiques, sont rarement pris en compte.

#### • Statistiques en Télécommunication

Les conséquences des sinistres dans les domaines des télécommunications sont devenues excessivement contraignantes pour les nouveaux centraux téléphoniques de plus en plus sensibles et complexes.

Ayant développé à une cadence effrénée les réseaux, les opérateurs et intégrateurs ont négligé les risques liés aux effets de la foudre ainsi que les risques liés à l'implantation d'antennes sur des sites sensibles par nature et exposés aux orages : silos, hôpitaux, sommets, etc....

#### • Statistiques industrielles

Le Bureau d'Analyses des Risques et Pollution Industrielles (Ministère de l'Environnement Français), grâce à sa base de données ARIA, a étudié 46 accidents imputables à la foudre et survenus avant septembre 1999 (liste non exhaustive) :

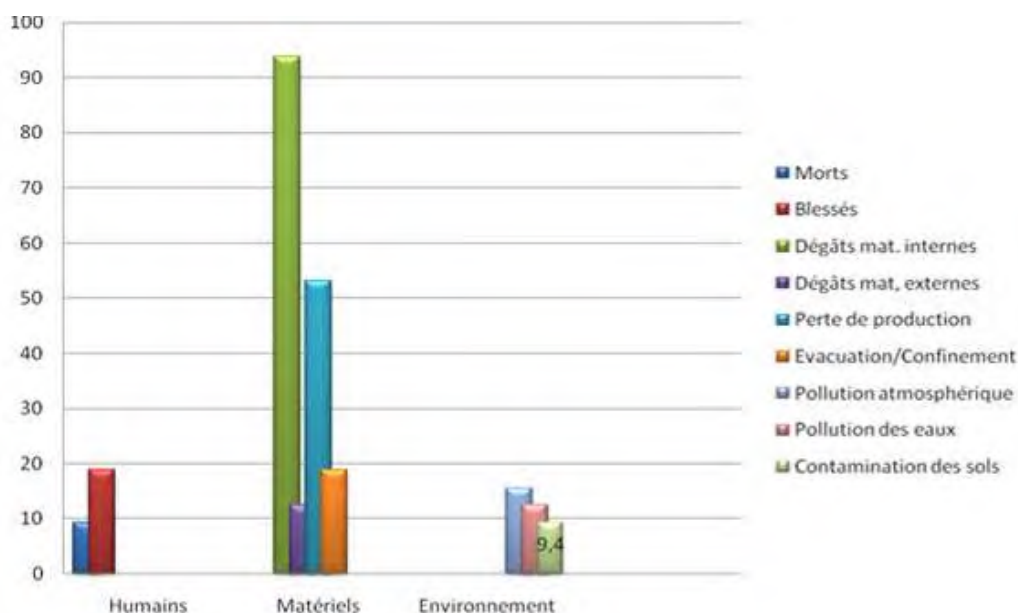


Figure 5 : Répartition par conséquences

### **Remarques :**

Un accident peut cumuler plusieurs conséquences (ex : décès et dégâts matériels).

On constate que 50 % des accidents portent atteintes à l'Environnement (explosion, incendie, pollution des sols, de l'air, de l'eau). Même constat pour les pertes d'exploitation (matériels...). Enfin, 28 % des accidents ont des conséquences sur la sécurité des personnes.

### **Analyse des causes des sinistres**

Les causes sont évidemment multiples, les principales sont surtout liées à l'accroissement de la sensibilité des équipements et de la complexité des réseaux, à la faible volonté de se protéger, et par le nombre important d'acteurs plus ou moins compétents.

D'une part, la vérification des installations de paratonnerres et parafoudres est rarement incluse dans le contrôle réglementaire des installations électriques (décret de nov. 1988 en France) bien qu'elles soient considérées comme des éléments concourant à la sécurité.

Ces vérifications sont, par ailleurs, souvent incomplètes et effectuées par des techniciens raisonnant en basse fréquence et non sensibilisés au risque foudre (H.F.).

Les rapports annuels de vérification électrique n'intègrent que rarement l'aspect protection contre la foudre ainsi que les campagnes de mesures de continuité électrique, indispensable en présence de bâtiments comportant des mises à la terre séparées et de bouteilles et cuves de stockage de produits inflammables.

D'autre part, les contrôles périodiques se limitent au constat visuel et aux seules mesures de résistance de terre, ne permettant pas de constater l'unicité du réseau de terre et de masses, base d'une bonne protection et compatibilité électromagnétique, surtout en présence de nombreux équipements (EIPS).

Sur une installation de paratonnerres à dispositif d'amorçage, l'absence de vérification de l'efficacité des têtes par système de tests pratiques, fiables et rapides, est souvent dommageable.

**ANNEXE 2****Généralités sur les protections foudre**

## **Protection contre les effets directs**

### Rappel des fondamentaux de protection

Selon le modèle électrogéométrique, le point d'impact de la foudre se détermine par l'objet au sol qui se trouvera, le premier, à la distance d'amorçage  $d$  du traceur descendant, même si cet objet est le sol lui-même.

Tout se passe donc comme si la pointe du traceur était entourée d'une sphère fictive, de rayon  $d$ , centrée sur elle, et, comme si cette sphère accompagnait rigidement la pointe au cours de la trajectoire a priori aléatoire du traceur. A l'approche du sol, le premier objet atteint par cette sphère déterminera le point d'impact du coup de foudre.

D'où le procédé suivant : On imagine que la sphère fictive de rayon  $d$  roule sur le sol, dans toutes les directions, sans jamais perdre contact soit avec le sol, soit avec un objet proéminent (voir figure 6).

Si, au cours de ce mouvement, la sphère entre en contact avec les dispositifs de protection (tige verticale, nappe de fils, cage de Faraday) sans jamais pouvoir toucher l'un des objets à protéger, alors la protection de ceux-ci est assurée.

Si au cours de ce mouvement, la sphère entre en contact avec l'un des objets à protéger, le dispositif de protection devra être remanié jusqu'à ce qu'aucun de ces contacts ne puisse plus se produire.

Le modèle électrogéométrique suppose une distance d'amorçage identique, quels que soient les objets considérés.

En réalité, la physique du phénomène de développement de la décharge de foudre laisse penser que cette décharge se développera difficilement à partir d'un objet peu conducteur, tel par exemple un mur de brique ou de pierre.

On admet alors que l'objet est encore correctement protégé, même s'il déborde de la structure métallique de protection, si les conditions suivantes sont simultanément respectées :

- La distance entre deux dispositifs de capture, comptée le long du contour à protéger, n'est pas supérieure à  $d\sqrt{2}$ ,
- Au moins un dispositif de capture est visible de toute direction possible d'approche du bâtiment.

Le modèle électrogéométrique, aussi bien que les constructions graphiques, montrent clairement que les zones de protection dépendent étroitement de la distance d'amorçage  $d$  considérée, fonction du courant de foudre.

Si l'étude de la protection a été faite avec une certaine distance  $d_c$ , que nous désignerons par distance d'amorçage critique, il est aisé de voir que la protection sera bonne vis-à-vis des courants tels que  $d > d_c$  ; mais, par contre, ne sera plus entièrement efficace pour des courants où  $d < d_c$ . Cela correspondra au phénomène de non protection vis-à-vis des coups de foudre à faible courant.

Par ailleurs, il apparaît clairement que la protection sera d'autant plus complète que le réseau de descentes ou de fils horizontaux sera serré et que les mailles d'une cage de Faraday seront plus petites. Il y a donc un optimum à rechercher, qui dépend du coût de l'installation de protection et du taux de couverture que l'on admettra.

Une distance d'amorçage critique de 15 mètres, correspondant au plus faible courant de foudre pratiquement envisageable, c'est-à-dire 2 kA, assure une bonne protection.

La distance d'amorçage est obtenue pour un coup de foudre d'intensité crête  $I$ , par la formule suivante :

$$D = 10 \times I^{2/3} \quad \text{avec } D \text{ en mètres, } I \text{ en Kilo Ampères}$$

Il faut savoir que sous sa forme actuelle, le modèle électrogéométrique n'est valable que pour des coups de foudre négatifs, ceux-ci étant de loin les plus fréquents. La répartition statistique est évaluée à 90 % sur le territoire français, hors DOM TOM.

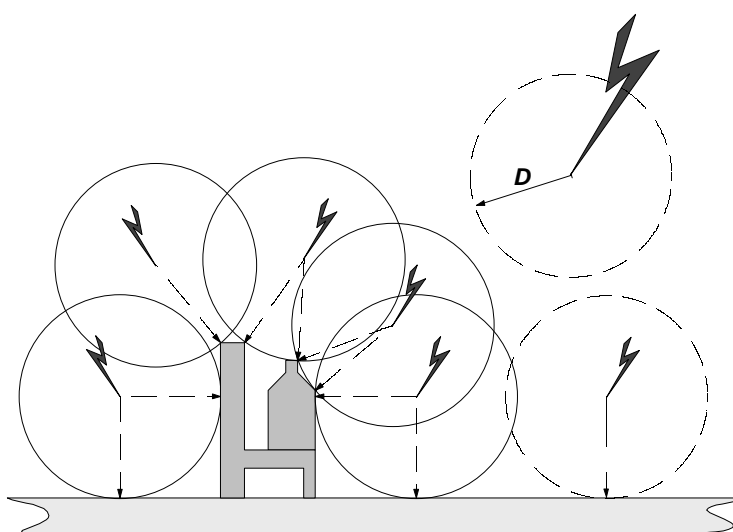


Figure 1 : Exemple de points susceptibles d'être touchés par des coups de foudre directs

Constitution d'une installation de protection contre la foudre (I.P.F.)

Une installation de protection contre les impacts directs de foudre se compose :

- **D'un dispositif de capture du courant de foudre** (paratonnerres, pointes caprices, fils tendus...), destiné à servir de point de captage ou d'amorçage.

Les composants naturels d'une structure (charpente métallique, garde-corps...) peuvent servir de dispositifs de capture sous certaines conditions.

- **D'un système de conducteurs de toiture et de descentes** dont le rôle est de canaliser et d'écouler les courants de foudre du dispositif de capture au réseau de terre de l'installation à protéger.

Les composants naturels d'une structure (poteaux métalliques, éléments de façades...) peuvent servir de dispositifs de descentes de foudre sous certaines conditions.

- **D'un réseau de prises de terre maillé** capable d'évacuer tout le courant foudre en un temps assez court pour que l'ensemble des masses métalliques de l'installation reste au même potentiel.

Les armatures interconnectées du béton armé non précontraint peuvent aussi être utilisées comme prises de terre naturelles sous certaines conditions (NF EN 62305-3).

La réglementation française permet d'utiliser deux techniques de protection contre les effets directs de la foudre :

- **Les systèmes passifs** régis par la norme NF EN 62305-3

Cette technique de protection consiste 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.

Pour des structures dont la géométrie est complexe, la zone de protection qu'offrent les organes de capture peut être calculée à l'aide du modèle électrogéométrique décrit dans le paragraphe 1.1.

- **Les systèmes actifs** régis par la norme NF C 17-102.

Dans cette technique, le rayon de couverture des dispositifs de capture est amélioré par un dispositif ionisant. Les dispositifs de capture sont appelés Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA).

Le rayon de protection d'un PDA dépend de sa hauteur ( $h_m$ ) par rapport à la surface à protéger, de son avance à l'amorçage ( $\Delta L$ ) et du niveau de protection nécessaire. Il est calculé à partir des abaques de la norme NF C 17-102.

Néanmoins, leur efficacité a été récemment remise en cause par l'INERIS. Un coefficient réducteur de 40 % doit être appliqué pour la protection des installations classées pour la protection de l'environnement.



### Rappel sur les paratonnerres à dispositif d'amorçage :

La circulaire du 28 octobre 1996 d'application de l'arrêté du 28 janvier 1993 relatif à la protection de certaines installations classées contre la foudre stipule que, d'une part :

« Le volume de protection d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage n'est pas défini par la méthode de la sphère fictive, mais à partir d'abaques dépendant notamment du niveau de protection adopté et de la hauteur du PDA par rapport à la surface à protéger ».

Leur mise en place ainsi que leur dimensionnement suivent les règles de la norme NF C 17-102.

Le rayon de protection d'un PDA dépend de sa hauteur ( $h_m$ ) par rapport à la surface à protéger, de son avance à l'amorçage ( $\Delta L$ ) et du niveau de protection nécessaire.

La zone protégée est déterminée par l'enveloppe de révolution de même axe que le PDA et définie par les rayons de protection correspondant aux différentes hauteurs  $h$  considérées (cf. page suivante).

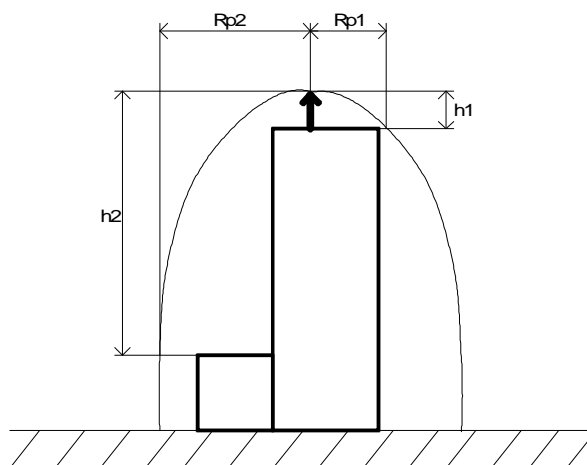


Figure 2 : Volume limité de protection d'un PDA

Il est toutefois important de rappeler de récentes mises en garde concernant ces paratonnerres, en effet :

- l'utilisation des P.D.A. entraîne une vérification des installations de protection foudre plus fréquente qu'un système passif,
- l'utilisation des P.D.A. entraîne une maintenance plus coûteuse qu'un système passif : démontage et remontage de la pointe du P.D.A. à chaque vérification, achat d'un appareil de mesure pour le système actif ou sous-traitance de la vérification et appareil non testable à distance (radio ou autre),
- la durée de vie, la tenue dans le temps et l'efficacité du système actif n'est pas systématiquement garantie par les fabricants : problèmes de synchronisation avec le traceur descendant de la foudre,
- en cas de défaut de fonctionnement, le P.D.A. se comporte comme une pointe sèche. En conséquence, les rayons de protection du P.D.A. sont largement réduits : ils sont alors déterminés par l'application du modèle électrogéométrique comme les systèmes passifs,
- Les P.D.A. sont considérés comme des matériels électriques de sécurité (I.P.S.) et doivent aussi répondre à la réglementation applicable aux matériels électriques utilisables en atmosphère explosible gazeuse (zone AEG) »,

- Leur vérification (tête électronique) est difficilement réalisable à moindre coût, car ils sont souvent installés dans des situations extrêmes (toiture, mât, colonne),
- Certains sont non testables et donc de performances très réduites.

Aussi, à la suite de ces remarques, certains fabricants ont répondu en développant une nouvelle génération de paratonnerre équipé de :

- Test radio à distance (télécommande pour dialoguer avec le PDA),
- Energie autonome (éolien et/ou photovoltaïque).



Figure 3 : Test de PDA en laboratoire

- **Prises de terre des paratonnerres**

Les descentes sont raccordées à des prises de terre de « Disposition A » suivant la norme NF EN 62305-3 (situées au droit de celles-ci).

Les éventuelles terres à réaliser seront constituées, au minimum, de trois piquets de 2 m chacun, disposés aux sommets d'un triangle équilatéral de 2 m de côté. Les piquets sont raccordés entre eux par du feuillard de cuivre de section 30 x 2 mm disposés dans une tranchée de 50 cm de profondeur.

Les prises de terre ainsi constituées seront interconnectées avec leur descente par une longueur d'un mètre environ de feuillard de cuivre de section 30 x 2 mm.

PRISE DE TERRE DE TYPE A

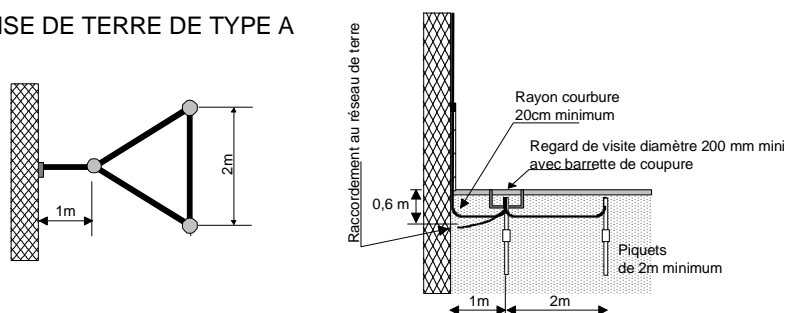


Figure 1 : Schéma de la prise de terre conseillée

Ces prises de terre seront raccordées entre elles et au réseau de terre du bâtiment par un conducteur en cuivre nu de 50 mm<sup>2</sup> disposé en tranchée de 50 cm de profondeur.

Lorsqu'il n'est pas possible de faire une tranchée, les conducteurs peuvent être disposés dans une saignée de 15 cm de profondeur ou, en dernier recours, dans une saignée de 5 cm de profondeur ouverte à la meuleuse.

Elles posséderont un moyen de déconnexion permettant de mesurer leur valeur indépendamment des autres éléments (descente, réseau de terre général...). Cette valeur doit être inférieure à 10 Ohms.

Chaque descente, en cuivre étamé Ø 8 mm ou 30 X 2 mm, sera interconnectée à la boucle de fond de fouille en 50 mm<sup>2</sup> par soudures aluminothermiques sur les attentes en bas de chacune d'elles. (Voir figure 10).

Le procédé permet la réalisation de liaisons moléculaires électriques, cuivre/cuivre, cuivre/aluminium, cuivre/acier, aluminium/aluminium, sans aucune source d'énergie extérieure ou de chaleur.

Le principe consiste à réunir dans un moule adéquat un métal d'apport et un produit d'amorçage. La composition du métal d'apport est fonction des métaux à souder (oxyde de cuivre et aluminium pour une soudure cuivre/cuivre).

La réduction de l'oxyde de cuivre par l'aluminium produit, sous très forte température, du cuivre fondu et du laitier d'oxyde d'aluminium.

La forme du moule, ses dimensions, le dosage du métal d'apport dépendent des éléments à souder et de leur dimension.

On peut réaliser des soudures depuis 2,5 mm<sup>2</sup> jusqu'à 800 mm<sup>2</sup> et plus.

La liaison moléculaire ainsi réalisée offre :

- Une même conductibilité que celle des éléments raccordés
- Une capacité à supporter des surintensités
- Une parfaite insensibilité à la corrosion.

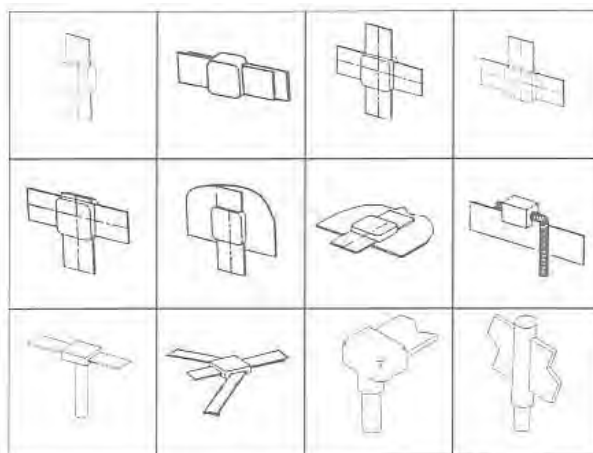
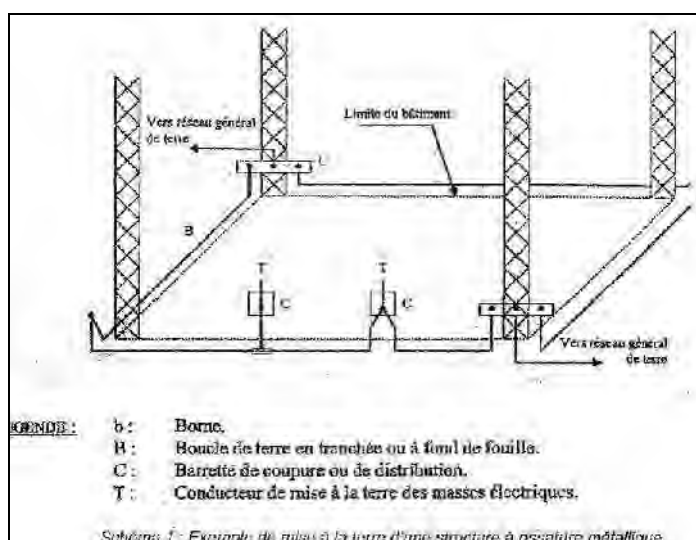


Figure 5 : Exemple de soudure



(Origine U.I.C. n°94/02)

Figure 6 : Mise à la terre d'une structure métallique (principe) selon la norme CEI 62305-3

### Mise à la terre

Le fond de fouille sera constitué d'un réseau de terre unique et maillé en cuivre nu dont la section sera de préférence en 50 mm<sup>2</sup> afin :

- D'établir un chemin privilégié que doivent suivre les courants de foudre à évacuer,
- De créer une zone équipotentielle pour que la circulation d'un courant élevé ne donne pas lieu à l'apparition de potentiels transitoires dangereux,
- De fixer le potentiel de référence pour les écrans et les blindages.

Les équipotentialités et continuités électriques des masses des structures seront réalisées.

Compteur de coup de foudreEn présence de paratonnerre

L'arrêté foudre du 15 janvier 2008 et sa circulaire d'application du 24 avril 2008 exigent dorénavant, qu'en complément d'une alerte sous forme METEORAGE ou autre, un compteur de coup de foudre soit installé sur toute I.E.P.F. (cage maillée ou autre système actif).

En l'absence de paratonnerre

L'arrêté foudre du 15 janvier 2008, prévoit que « les enregistrements des agressions de la foudre soient datés et si possible localisés sur le site » ainsi que « tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre soient consignés dans le carnet de bord ».

Le Télé compteur foudre est une solution qui permet l'envoi par e-mail de la liste et cartographie des impacts de foudre localisés à proximité du site (Date, Heure, Localisation et Intensité).

**ANNEXE 3****Carnet de bord**

N° 071179534036  
Niveau C

# INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

## CARNET DE BORD

Raison sociale : \_\_\_\_\_

Désignation de l'Établissement : \_\_\_\_\_

Adresse de l'Établissement : \_\_\_\_\_

Adresse du Siège Social : \_\_\_\_\_

### 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'Etablissement.

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

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



**Renseignements sur l'Etablissement**

Nature de l'activité (1) : .....

.....

N° de classification INSEE : .....

à la date du : ..... Type : .....; Catégorie : .....

Classement de l'Etablissement(2) 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 { .....

DRIRE { .....  
{ .....  
{ .....

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

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

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

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

[illegible]

**ANNEXE 4****Lexique**

<b>Armatures d'acier interconnectées</b>	Armatures d'acier à l'intérieur d'une structure, considérées comme assurant une continuité électrique.
<b>Barre d'équipotentialité</b>	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.
<b>Borne ou barrette de coupure</b>	Dispositif conçu et placé de manière à faciliter les essais et mesures électriques des éléments de l'installation de protection contre la foudre.
<b>Conducteur (masse) de référence</b>	Système de conducteurs servant de référence de potentiel à d'autres conducteurs. On parle souvent du "zéro volt".
<b>Conducteur d'équipotentialité</b>	Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.
<b>Conducteur de descente</b>	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.
<b>Conducteur de protection (PE)</b>	Conducteur destiné à relier les masses pour garantir la sécurité des personnes contre les chocs électriques.
<b>Coup de foudre</b>	Impact simple ou multiple de la foudre au sol.
<b>Coup de foudre direct</b>	Impact qui frappe directement la structure ou son installation de protection contre la foudre.
<b>Coup de foudre indirect</b>	Impact qui frappe à proximité de la structure et entraînant des effets conduits et induits dans et vers la structure.
<b>Couplage</b>	Mode de transmission d'une perturbation électromagnétique de la source à un circuit victime.
<b>Dispositif de capture</b>	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à capter les coups de foudre directs.
<b>Distance de séparation</b>	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.
<b>Effet de couronne ou Corona</b>	Ensemble des phénomènes d'ionisation liés au champ électrique au voisinage d'un conducteur ou d'une pointe.

<b>Effet réducteur</b>	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.
<b>Electrode de terre</b>	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.
<b>Equipements métalliques</b>	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.
<b>Etincelle dangereuse (étincelage)</b>	Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger.
<b>Foudre</b>	Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).
<b>Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)</b>	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.)
<b>Liaison équipotentielle</b>	Eléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur.
<b>Mode commun (MC)</b>	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.
<b>Mode différentiel (MD)</b>	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.

<b>Niveau de protection</b>	Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.
<b>Parafoudre ou parasurtenseur</b>	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.
<b>Paratonnerre</b>	Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.
<b>P.D.A</b>	Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.
<b>Point d'impact</b>	Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.
<b>Prise de terre</b>	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.
<b>Régime de neutre</b>	<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"> <li>• <u>La première indique la position du neutre par rapport à la terre</u> :  <b>I</b> : neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance  <b>T</b> : neutre directement à la terre</li> <li>• <u>La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre</u> :  <b>T</b>: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre)  <b>N</b>: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (<b>N-S</b>), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (<b>N-C</b>).</li> </ul>
<b>Réseau de masse</b>	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.



<b>Réseau de terre</b>	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.
<b>Résistance de terre</b>	Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms ( $\Omega$ ), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site.
<b>SPF</b>	Système de Protection contre la Foudre. Regroupe l'ensemble des différents dispositifs (Paratonnerres, fils tendus, cages maillées, parafoudres, ...)
<b>Surface équivalente</b>	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.
<b>Surtemp</b>	Variation importante de faible durée de la tension.
<b>Tension de mode commun</b>	Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun).
<b>Tension différentielle</b>	Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel).
<b>Tension résiduelle d'un parafoudre</b>	Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.
<b>TGBT</b>	Tableau Général Basse Tension
<b>Traceur</b>	Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé.

