

Protection contre la foudre

des installations classées pour
la protection de l'environnement

Formalisation du savoir et des outils
dans le domaine des risques majeurs



INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Préambule

Avertissement

Les rapports oméga sont la propriété de l'INERIS. Il n'est accordé aux utilisateurs qu'un droit d'utilisation n'impliquant aucun transfert de propriété.

Le rapport oméga est établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur, ainsi que des pratiques et méthodologies développées par l'INERIS. Bien que l'INERIS s'efforce de fournir un contenu fiable, il ne garantit pas l'absence d'erreurs ou d'omissions dans ces documents.

Ce rapport est destiné à des utilisateurs disposant de compétences professionnelles spécifiques dans le domaine des risques accidentels. Les informations qu'il contient n'ont aucun caractère légal ou réglementaire. Ce sont des informations générales et ne peuvent, en aucun cas, répondre aux besoins spécifiques de chaque utilisateur. Ces derniers seront donc seuls responsables de l'utilisation et de l'interprétation qu'ils feront des rapports. De même, toute modification et tout transfert de ces documents se fera sous leur seule responsabilité.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra, en aucun cas, être engagée à ce titre. En toute hypothèse, la responsabilité de l'INERIS ne pourra être retenue que sur la base de la version française des rapports.

Pourquoi les rapports Ω

Depuis plusieurs années, le Ministère en charge du Développement Durable (actuellement, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer) finance un programme d'études et de recherches, intitulé « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs ». L'objet du premier volet de ce programme est de réaliser un recueil global formalisant l'expertise de l'INERIS dans le domaine des risques accidentels. Ce recueil est constitué de différents rapports, consacrés aux thèmes suivants :

- l'analyse des risques,
- les phénomènes physiques impliqués en situation accidentelle (incendie, explosion, BLEVE...),
- la maîtrise des risques d'accidents majeurs,
- les aspects méthodologiques pour la réalisation de prestations réglementaires (étude de dangers, analyse critique..).

Chacun de ces documents reçoit un identifiant propre du type « Ω -X ». In fine, ces documents décrivant les méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels, constitueront un recueil des méthodes de travail de l'INERIS dans le domaine des risques accidentels.

L'INERIS, Intitut National de l'Environnement Industriel et des Risques, est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial placé sous la tutelle du Ministère français en charge du Développement durable.

L'institut a pour mission de réaliser ou de faire réaliser des études et des recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens ainsi que sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif.

Ce document comporte 126 pages, hors couverture et quatrième de couverture.

L'INERIS en bref

4	Introduction
5	<i>les référentiels Oméga</i>
5	<i>domaine d'application</i>
5	<i>contexte réglementaire</i>
5	<i>évolutions par rapport à la précédente version</i>
6	<i>structure du document</i>
8	Analyse d'accidents
9	<i>statistiques générales</i>
10	<i>analyse d'accidents dus à la foudre</i>
12	Description du phénomène de foudre
13	<i>le phénomène de foudre</i>
17	<i>caractéristiques électriques des coups de foudre</i>
19	<i>effets de la foudre sur des installations</i>
22	<i>accidents corporels dus à la foudre</i>
24	Contexte réglementaire français
25	<i>l'arrêté du 04 octobre 2010</i>
30	<i>la circulaire du 24 avril 2008</i>
33	<i>évolution des exigences de protection</i>
33	<i>impact sur les installations existantes en 2008</i>
34	<i>les documents exigibles</i>
34	<i>la qualification des acteurs de la protection</i>
36	Analyse du risque foudre
37	<i>les objectifs de l'ARF</i>
38	<i>les méthodes</i>
42	<i>les logiciels d'évaluation du risque foudre</i>
43	<i>l'application de la norme NF EN 62305-2</i>
56	Étude technique des protections contre la foudre
57	<i>les objectifs de l'ET</i>
57	<i>les méthodes</i>
58	<i>les systèmes de protection foudre</i>
66	<i>la présentation des résultats de l'ET</i>
67	<i>la notice de vérification et de maintenance</i>

68 Installation du système de protection contre la foudre

69 les objectifs de l'installation du SPF

69 les moyens à mettre en œuvre

71 protection des équipements

74 Vérifications du système de protection contre la foudre

75 vérifications initiale et périodique

75 les méthodes

76 les moyens

77 la présentation des résultats

77 le carnet de bord du SPF

79 Conclusion

80 Références

81 Remerciements

82 Liste des annexes

Introduction

- 5 Les référentiels Oméga*
- 5 Domaine d'application*
- 5 Contexte réglementaire*
- 5 Évolutions par rapport à la précédente version*
- 6 Structure du document*

Les référentiels omega

Depuis plusieurs années, le Ministère en charge du Développement Durable (actuellement Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement) finance un programme d'études et de recherche intitulé « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs ». L'objet du premier volet de ce programme est de réaliser un recueil global formalisant l'expertise de l'INERIS dans le domaine des risques accidentels. Ce recueil est constitué de différents rapports, consacrés aux thèmes suivants :

- l'analyse des risques,
- les phénomènes physiques impliqués en situation accidentelle (incendie, explosion, BLEVE, ...),
- la maîtrise des risques d'accidents majeurs,
- les aspects méthodologiques pour la réalisation de prestations réglementaires (étude de dangers, analyse critique, ...).

Chacun de ces documents reçoit un identifiant propre du type « Ω -x ». Ces documents décrivant les méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels constitueront in fine un recueil des méthodes de travail de l'INERIS dans le domaine des risques accidentels.

Domaine d'application

Le présent rapport Ω 3 présente une synthèse de l'état des connaissances scientifiques recensées par l'INERIS afin de déterminer les besoins puis les moyens de protection des installations industrielles contre la foudre.

Il précise aux responsables d'installations classées les points importants pour répondre aux exigences de l'arrêté du 4 octobre 2010.

Contexte réglementaire

La politique nationale française de prévention des risques technologiques repose principalement sur la réglementation des Installations Classées. Cette réglementation s'appuie sur le Code de l'environnement, modifié par la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (JORF du 31 juillet 2003).

Le rapport « Le risque foudre et les installations classées pour la protection de l'environnement - Ω 3 » de 2001 illustre la mise en œuvre de la protection contre la foudre sur les installations soumises à l'arrêté du 28 janvier 1993. Or, ce dernier a été abrogé par l'arrêté du 15 janvier 2008, lui-même abrogé par l'arrêté du 19 juillet 2011 (en annexe B) relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (JO du 5 août 2011).

L'arrêté du 19 juillet 2011 modifie l'arrêté du 4 octobre 2010. Le texte réglementaire qui traite de la protection contre la foudre des installations classées est désormais l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011.

Évolutions par rapport à la précédente version

La version précédente du rapport proposait une étude générique de protection d'une installation classée, pour répondre à l'exigence de l'arrêté du 28 janvier 1993. Cette étude mettait en application la norme NF C 17-100 pour la protection par paratonnerre et le guide UTE C 15-443 pour la protection des lignes électriques basse tension.

Introduction

L'arrêté du 28 janvier 1993 est abrogé depuis le 24 août 2008 et la norme *NF C 17-100* a été annulée en janvier 2009. La nouvelle version du rapport $\Omega 3$ présente les exigences de l'arrêté du 4 octobre 2010. Elle montre les principales règles de protection contre la foudre selon la série des normes *NF EN 62305*.

Structure du document

Ce référentiel Oméga s'articule autour des chapitres suivants :

- l'**accidentologie** ;
- la description du **phénomène** de foudre ;
- le **contexte réglementaire** français ;
- l'**analyse du risque** foudre ;
- l'**étude technique** des protections contre la foudre ;
- l'**installation** du système de protection contre la foudre ;
- la **vérification** du système de protection contre la foudre.

La protection des installations non soumises à l'arrêté du 4 octobre 2010 [18] n'est pas traitée dans le document.



Analyse d'accidents

9 Statistiques générales

9 considérations factuelles

9 activité orageuse en France

10 Analyse d'accidents dus à la foudre

10 présentation

10 résultats de l'analyse d'accidents

10 retour d'expérience auprès des exploitants

Analyse d'accidents

Statistiques générales

L'objet de ce chapitre est de donner des informations sur les conséquences de la foudre à travers quelques statistiques d'ordre général et une analyse des accidents survenus dans le milieu industriel.

Statistiques générales

Considérations factuelles

Dans le monde, la foudre frappe statistiquement de 50 à 100 fois par seconde. Pour ce qui concerne le territoire français, on estime à 2 000 000 environ le nombre de coups de foudre observés par an.

Les conséquences de ce phénomène atmosphérique sont particulièrement importantes. Ainsi, on compte en moyenne sur le territoire français :

- plusieurs dizaines de morts par an,
- 20 000 animaux foudroyés dont 10 000 vaches,
- environ 20 000 sinistres dus à la foudre dont 15 000 incendies,
- des milliers de compteurs détruits.

D'un point de vue financier, le coût annuel des dommages se chiffre en dizaines de millions d'euros.

Activité orageuse en France

L'activité orageuse sur une commune peut être quantifiée par un **niveau kéraunique**.

Le niveau kéraunique est défini comme étant le nombre moyen de jours par an au cours desquels le tonnerre est entendu. En France, ce nombre varie de 8 à 36 selon les départements avec une moyenne se situant autour de 25.

La **Figure 1** présente, à titre indicatif, une carte des niveaux kérauniques en France.

Depuis une vingtaine d'années, des équipements électroniques ont été développés et mis en service sur le territoire français pour enregistrer les caractéristiques des coups de foudre (intensité et polarité) et la localisation des points d'impacts. Avec ces données, il est maintenant possible d'obtenir une indication plus précise sur le nombre de coups de foudre qui ont frappé une commune donnée.

Cette information est la **densité de foudroiement**. Elle indique le nombre d'impacts par an et par km² d'une commune.

En France, la densité de foudroiement varie de 0,5 à 5 selon les départements avec une moyenne se situant autour de 1,2.

La densité de foudroiement est utilisée pour l'évaluation de la fréquence attendue des coups de foudre directs sur une structure.

Signalons qu'il est possible d'obtenir les données d'activité orageuse auprès de la société METEORAGE.



Fig 1: niveaux kérauniques en France

Note

Les valeurs de la carte ci-contre sont données à titre purement indicatif. Pour plus de précision, voir le guide UTE C 15-443 [4].

Analyse d'accidents

Analyse d'accidents dûs à la foudre

Analyse d'accidents dus à la foudre

Présentation

L'analyse d'accidents menée dans le cadre du présent rapport a été établie à partir de données issues de la base de données ARIA du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles). Ainsi, l'analyse concerne 151 accidents survenus en France (101 cas) ou à l'étranger (50 cas) depuis la fin des années 1970 jusqu'au mois de septembre 2010. Un descriptif synthétique de ces accidents est fourni en **Annexe 4** du présent rapport.

Compte tenu du nombre limité de références, il est bien entendu pas question d'en tirer des conclusions statistiques. Néanmoins, l'examen de ces accidents permet d'identifier quelques-unes des principales caractéristiques des sinistres initiés par la foudre.

Résultats de l'analyse d'accidents

La foudre frappe directement l'objet (installation ou bâtiment) dans près de 60 % des cas (49 cas d'agression directe). Dans ces cas, la foudre a frappé les cibles suivantes :

- ▣ les **toitures** et **structures** des bâtiments (13 cas),
- ▣ les capacités de **stockage** : gazoducs, cuves, bacs (10 cas),
- ▣ les **produits stockés** : bois, sciure, papier, limailles de fer, batteries (6 cas),
- ▣ les **installations électriques** : armoires électriques, automatismes (5 cas),
- ▣ les **protections** contre la foudre : paratonnerre (3 cas),
- ▣ les installations **mobiles** : pétrolier, véhicule, semi-remorque (3 cas).

Dans près de 40 % des cas, la foudre frappe les lignes et canalisation connectées aux bâtiments (36 cas d'agressions indirectes). Dans ces cas, la foudre a frappé les cibles suivantes :

- ▣ les **automatismes** (16 cas),
- ▣ les installations électriques **dans les bâtiments** : armoires électriques, compteur, fusibles, alternateur, condensateur (8 cas),
- ▣ les **lignes électriques pénétrantes** dans les bâtiments : ligne HT, ligne BT, ligne de transmission (4 cas),
- ▣ les **équipements électriques** à l'intérieur des bâtiments : pompes, réacteur, capteur (4 cas),
- ▣ les **transformateurs** (3 cas).

La majorité des accidents enregistrés sont consécutifs d'un Impact sur une structure ou sur une ligne entrante.

Retour d'expérience auprès des exploitants

Un retour d'expérience de l'agression de la foudre sur les installations classées a été réalisé en 2003 : 483 responsables de sites classés SEVESO ont répondu à un sondage téléphonique. Les résultats de cette enquête sont disponibles sur le site internet de l'INERIS (<http://www.ineris.fr/centredoc/ipsos.pdf>).

Analyse d'accidents

Analyse d'accidents dus a la foudre

Il s'avère que :

- plus de 25% des sites subissent au moins une agression de la foudre sur une période de 5 ans. L'occurrence de ces agressions se répartit comme suit :
 - 11,4% des sites subissent une seule agression,
 - 6,6 % des sites subissent de 2 à 3 agressions,
 - 5 % des sites subissent 5 agressions,
 - 2,5 % plus de 10 agressions,
 - 1,7 % « ne sait pas ».
- L'ampleur des dégâts sur les sites foudroyés est estimée par les exploitants comme suit :
 - 34 % aucun dégât,
 - 53 % pas ou peu important,
 - 10 % importants,
 - 3% très important.
- Les dégâts possibles sont les suivants :
 - 1,2 % sont des dommages en toiture,
 - 80 % touchent des installations électriques,
 - 69,4 % sont des équipements électriques,
 - 17,6 % « autres » sont répartis comme indiqué dans le tableau ci-dessous

Type de matériel	Nombre de cas
automate	1
centrale téléphonique	2
ordinateur individuel	1
capteurs	1
équipement électronique	5
équipement informatique	3
antenne	1
parafoudre	1

Tableau 1: nature des dégâts

Description du phénomène de foudre

13 Le phénomène de foudre

13 rappels

14 formation d'un nuage orageux

14 types de coups de foudre

17 points d'impact

17 Caractéristiques électriques des coups de foudre

17 intensité des différents coups de foudre

18 caractéristiques des différents coups de foudre

19 Effets de la foudre sur des installations

19 effets thermiques

20 montées en potentiel et amorçages

20 effets électromagnétiques

21 effets électrodynamiques

21 effets électrochimiques

21 effets acoustiques

22 effets lumineux

22 Accidents corporels dus à la foudre

Description du phénomène de foudre

Le phénomène de foudre

L'objet du présent chapitre est de donner une description synthétique du phénomène de foudre, et de préciser les effets possibles de cette manifestation atmosphérique. La définition des termes utilisés ci-après est donnée dans l'*annexe 1*.

Le phénomène de foudre

Rappels

Les manifestations de la foudre : éclair et tonnerre

La **foudre** est une manifestation de l'électricité d'origine atmosphérique, comportant une décharge accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).

Le terme d'**éclair** représente l'ensemble des manifestations lumineuses provoquées par les décharges électriques d'origine atmosphérique (entre deux nuages ou entre la base d'un nuage et le sol, ou à l'intérieur d'un même nuage). Le **tonnerre** est le bruit induit par ces décharges électriques.

La vitesse de la lumière étant de 300 000 km/s, l'éclair est perçu au moment où il se produit. En revanche, le son se propage à 340 m/s seulement, le tonnerre est donc perçu sensiblement après l'éclair.

Le nombre n de secondes qui s'écoulent entre ces deux phénomènes permet d'estimer la distance d en mètres qui sépare l'observateur de la décharge orageuse grâce à la formule suivante :

$$d = 340 \times n$$

Conditions d'apparition

La foudre est une des manifestations des orages, perturbations atmosphériques violentes accompagnées d'éclairs, de tonnerre, de rafales de vent, d'averses de pluie ou de grêle.

La naissance de ces phénomènes orageux est généralement subordonnée à une grande instabilité atmosphérique, due à des différences importantes de température entre l'air au niveau du sol et l'air en altitude. Ceci explique pourquoi les orages « électriques⁽¹⁾ » sont plus généralement observés en été qu'en hiver où cette différence de température peut ne pas être suffisante pour générer une grande instabilité.

Il existe deux types de nuages orageux :

- ☐ les **cumulo-nimbus**, qui donnent lieu aux orages de chaleur, très localisés et de durée limitée,
- ☐ les **orages frontaux** ou lignes de grains

Dans ces deux cas, les nuages sont le siège de charges électriques et peuvent ainsi être à l'origine du phénomène de foudre. Dans le cadre du présent document, les cas correspondant à la formation de cumulo-nimbus seront étudiés plus particulièrement.

Le cumulo-nimbus est une masse puissante de nuages sombres, en forme de **double enclume** à grand développement vertical (300 à 15 000 m d'altitude) qui s'étend sur une surface de plusieurs km². Le volume d'eau du nuage orageux peut atteindre 50 km³.

⁽¹⁾ Il existe également des orages magnétiques. Ces phénomènes particuliers sont généralement observés à des latitudes élevées et ne seront pas étudiés dans le cadre de cette étude.

Description du phénomène de foudre

Le phénomène de foudre

Formation d'un nuage orageux

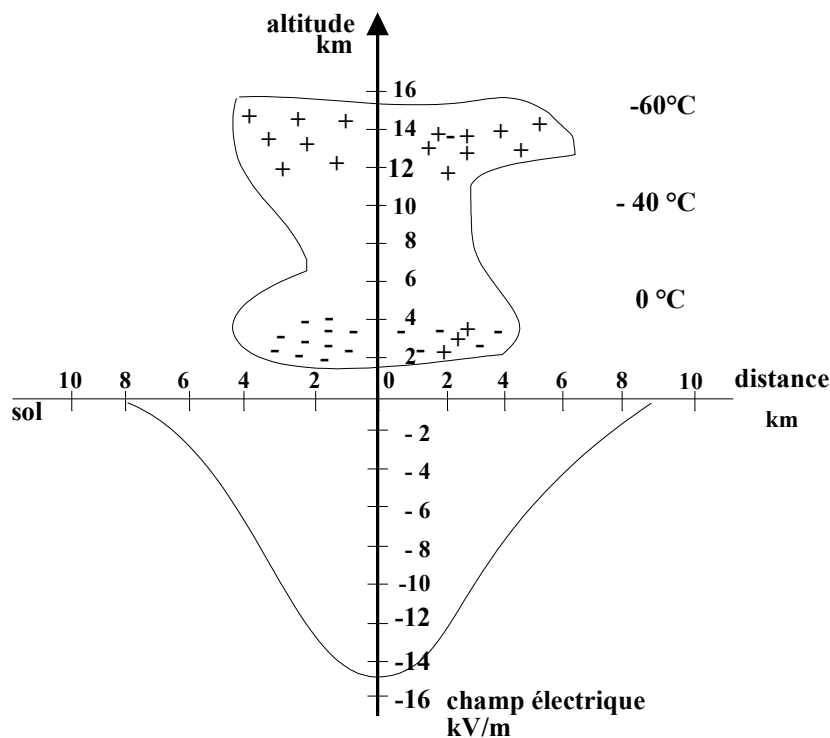


Fig 2 : évolution du champ électrique sous un nuage orageux

Un nuage orageux, le cumulo-nimbus, s'étend sur plusieurs kilomètres carrés et se développe en hauteur jusqu'à des altitudes de 15 kilomètres. La formation de ce type de nuage est généralement liée à une **grande instabilité atmosphérique**, caractérisée par des différences de températures importantes entre les masses d'air au niveau du sol et les masses d'air en altitude.

Les **mouvements convectifs** et les trajectoires des précipitations au sein du nuage provoquent la génération d'hydrométéores chargés électriquement puis entraînent leur séparation. Les particules chargées positivement sont repoussées vers le haut. Celles chargées négativement, plus lourdes, tombent vers la base du nuage.

La structure électrostatique de la cellule orageuse est proche de celle d'un **dipôle d'axe vertical**, formé de deux poches de charges de signe opposé et évaluées à plusieurs dizaines de coulombs. Des petites poches chargées positivement peuvent éventuellement être présentes à la base du nuage. Le champ électrique au sol correspondant à cette configuration est vertical et son amplitude varie avec la distance au centre du nuage (cf **Figure 2**).

Par beau temps, le champ électrique au sol est de l'ordre de la centaine de volts par mètre. A l'approche d'un nuage chargé, il s'inverse et son amplitude évolue jusqu'à atteindre **250 fois** sa valeur initiale.

Types de coups de foudre

Les aspérités du sol ou des structures créent un « effet de pointe » qui amplifie de façon très importante le champ électrique local. Cette augmentation du champ électrique au sol se traduit par une **ionisation locale de l'air** (effet « Corona »).

Ce phénomène est observé depuis longtemps, et est ainsi connu sous l'appella-

Description du phénomène de foudre

Le phénomène de foudre

tion « feu de Saint-Elme ». Un canal d'air ionisé reliant le nuage au sol est alors susceptible de se créer et de permettre l'écoulement d'un courant de foudre de forte intensité.

On distingue quatre types caractéristiques de coups de foudre, selon qu'ils sont négatifs ou positifs et descendants ou ascendants.

En France, 90 % des coups de foudre sont de type négatif descendant. L'amplitude du courant peut être très forte, variant de 2 000 à 200 000 Ampères.

❑ Le coup négatif

Le bas du nuage est chargé *négativement*. Les décharges sont multiples et variées : à une première décharge partielle de durée de front de 10 à 15 μ s succèdent des décharges d'attaque plus raides et de descentes plus douces.

❑ Le coup positif

Le bas du nuage est chargé *positivement*. Une seule décharge apparaît durant de 0,1 s à 0,2 s. La durée d'attaque varie entre 20 μ s et 50 μ s et l'amplitude du courant des «coups positifs» est généralement supérieure à celle des «coups négatifs».

❑ Le coup descendant

Caractérisé par son *arborescence ouverte vers le bas*, c'est le plus fréquent. Il comporte une phase initiale où une pré-décharge se propage par bonds successifs du nuage vers le sol (*traceur*). A l'extrémité de ce traceur, le champ électrique est extrêmement élevé, ce qui augmente localement le champ au sol.

Dès que la pointe du traceur approche du sol, des pré-décharges ascendantes vont se développer à partir du sol. Lorsque ces deux canaux se rejoignent, un *pont conducteur* entre nuage et sol s'établit et permet ainsi le passage d'un courant de forte intensité.

❑ Le coup ascendant

Il est caractérisé par une *arborescence ouverte vers le haut*. Dans le cas de pylônes de grande hauteur ou de tours, l'effet couronne peut créer une décharge (partant donc du sol) qui va se développer suffisamment loin pour atteindre le nuage.

Dès qu'un canal conducteur est créé, les charges accumulées dans le nuage vont *s'écouler au sol*. Le coup de foudre ascendant est très fréquent *en zone de montagne*.

Les différents coups de foudre sont illustrés ci-après :

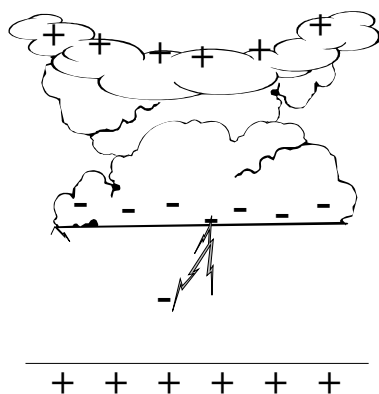


Fig 3 : traceur négatif descendant

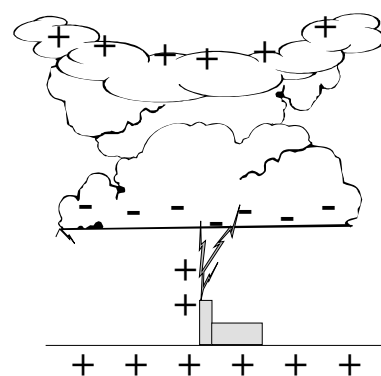


Fig 4 : traceur positif ascendant issu d'une structure élevée

Description du phénomène de foudre

Le phénomène de foudre

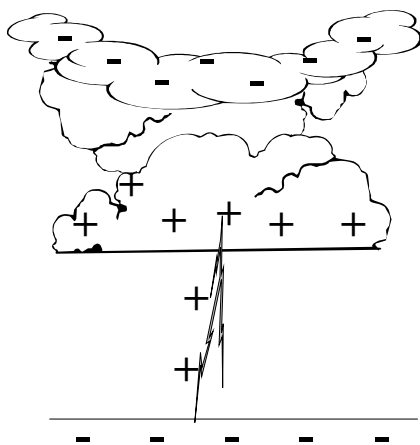


Fig 5: traceur positif descendant

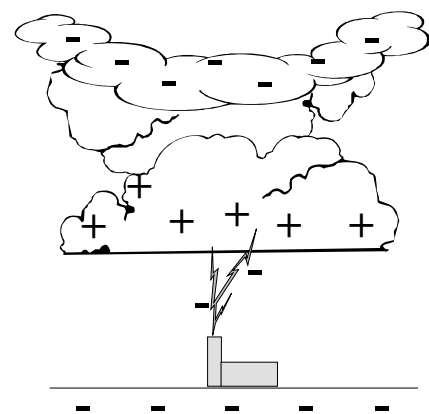


Fig 6: traceur négatif ascendant issu d'une structure élevée

Comme précisé ci-avant, **90 %** des coups de foudre en France sont de type **négatif descendant**. Les mécanismes particuliers de ce type de coups de foudre sont décrits ci-après.

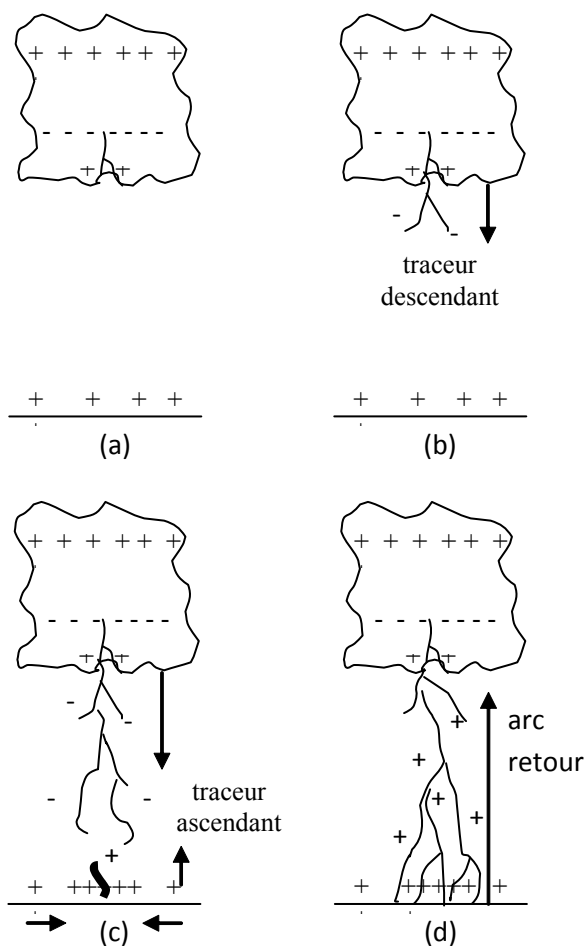


Fig 7 : représentation schématique d'un coup de foudre négatif descendant

La chronologie du phénomène peut être présentée en 4 phases :

- Le bas du cumulo-nimbus est chargé négativement, le sol positivement. Le coup de foudre est donc de type négatif (a).
- Un traceur chargé négativement se propage par bonds successifs du nuage vers le sol, déterminant le caractère descendant du coup de foudre (b).

Description du phénomène de foudre

Le phénomène de foudre

Note

Il est possible d'estimer à priori les lieux d'impacts possibles sur une structure à partir d'une méthode appelée « méthode de la sphère fictive ». Cette dernière est illustrée dans le chapitre « étude technique des protections contre la foudre » p59 du présent rapport (voir Figure 14).

- Lorsque ce traceur négatif approche du sol, le champ électrique est amplifié (les particules de charges opposées s'attirent) et un traceur positif apparaît, se dirigeant du sol vers le nuage (c).
- Lors de la rencontre de ces deux traceurs, un canal conducteur se crée entre le sol et le nuage, entre lesquels la différence de charge électrique est importante. Ce canal permet le passage d'un courant électrique de forte intensité : c'est l'arc retour ou coup de foudre (d).

Après le premier éclair ainsi généré, d'autres coups de foudre peuvent se produire, qui utilisent le même canal conducteur jusqu'à la décharge complète du nuage. Signalons qu'une phase de courant persistant fait suite au premier arc de retour. Ce courant est souvent à l'origine des effets thermiques les plus importants.

Points d'impact

La foudre peut tomber directement sur le sol, les structures ou les lignes. Les conséquences peuvent être néfastes du fait de la propagation des perturbations par conduction ou par rayonnement.

Le (ou les) point d'impact du coup de foudre ne semble se déterminer que dans la partie inférieure de la trajectoire (aux environs de 300 m d'altitude). De nombreux facteurs locaux peuvent avoir une action sur la localisation de l'impact (arbres, bâtiments, cheminées, nature du sol, cours d'eau, etc.).

Caractéristiques électriques des coups de foudre

Intensité des différents coups de foudre

La distribution des intensités des courants de foudre est reportée sur un abaque qui regroupe toutes les données mondiales. Est porté en abscisse le logarithme de l'intensité du coup de foudre (en kA), et en ordonnée la probabilité qu'un coup de foudre de dépasser une intensité donnée. Les courbes ainsi obtenues représentent un faisceau de droites.

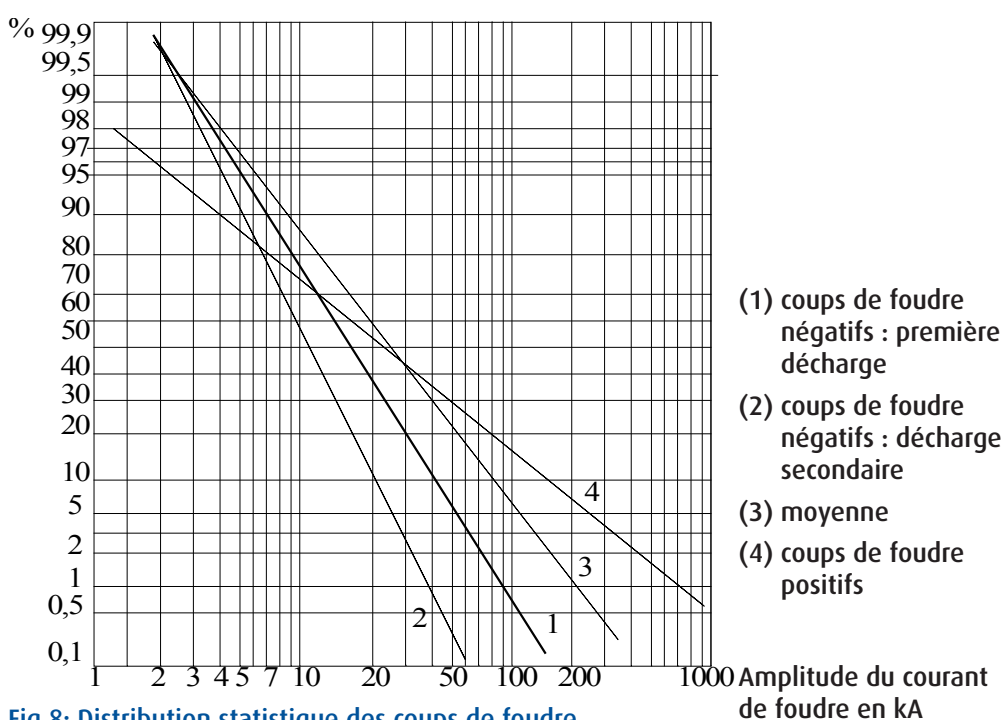


Fig 8: Distribution statistique des coups de foudre

Description du phénomène de foudre

Caractéristiques électriques des coups de foudre

La lecture de la courbe (3) (moyenne) indique que l'intensité d'un coup de foudre négatif atteindra des valeurs supérieures à 2 kA dans 99,7 % des cas. La valeur moyenne de l'intensité se situe vers 25 kA.

Caractéristiques des différents coups de foudre

Un coup de foudre est composé en général de **plusieurs décharges** partielles s'écoulant par le **même canal ionisé**.

Paramètres	Unité	Probabilité		
Amplitude	kA	95%	50%	5%
Premier coup		7	33	85
Coup subséquent		4.6	12	30
Coup positif		4.6	35	250
Raideur maximum	kA/ μ s	95%	50%	5%
Premier coup		9.1	24	65
Coup subséquent		10	40	162
Coup positif		0.2	2.4	32
Énergie spécifique	A ² s	95%	50%	5%
Premier coup		$6.0 \cdot 10^3$	$5.5 \cdot 10^4$	$5.5 \cdot 10^5$
Coup subséquent		$5.5 \cdot 10^2$	$6.0 \cdot 10^3$	$5.2 \cdot 10^4$
Coup positif		$2.5 \cdot 10^4$	$6.5 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^7$
Charge totale	C	95%	50%	5%
Décharge négative		1.3	7.5	40
Décharge positive		20	80	350
Durée totale	ms	95%	50%	5%
Décharge négative		0.15	13	1100
Décharge positive		14	85	500

Tableau 2 : paramètres d'un coup de foudre selon la norme NF EN 62305-1

Le tableau ci-dessus montre notamment que :

- l'amplitude d'un **coup subséquent** est généralement **plus faible** que l'amplitude d'un **premier coup de foudre négatif**. Par ailleurs, l'amplitude d'un coup de foudre **positif** (on rappelle qu'un coup de foudre positif est unique) est généralement **plus forte** que celle d'un coup négatif même pour ce qui concerne le premier coup ;
- si l'amplitude des coups subséquents associés aux coups de foudre négatifs est inférieure à celle du premier arc de retour, leurs **temps de montée sont beaucoup plus rapides**, comme le montrent les valeurs de raideur maximum plus élevées. Les temps de montée d'un coup positif sont quant à eux significativement plus longs ;
- tout comme l'amplitude, l'**énergie spécifique** d'un coup de foudre va en décroissant selon qu'il s'agit d'un coup positif, d'un premier arc de foudre négatif, d'un coup subséquent ;

Description du phénomène de foudre

Caractéristiques électriques des coups de foudre

- ❑ la **charge totale** associée à une décharge **négative** est généralement **plus faible** que celle associée à une décharge positive ;
- ❑ La **durée totale** d'un coup de foudre **positif** est souvent **plus importante** que celle d'un coup de foudre négatif.

Effets de la foudre sur des installations

La foudre est un courant électrique haute fréquence qui entraîne les mêmes effets que tout autre courant circulant dans un conducteur électrique notamment :

- ❑ effets **thermiques** (effet Joule),
- ❑ effets dus aux **amorçages** (montées en potentiel des prises de terre et tensions dangereuses dues à l'impédance élevée des conducteurs en haute fréquence),
- ❑ effets **électromagnétiques**,
- ❑ effets **électrodynamiques**,
- ❑ effets **électrochimiques**,
- ❑ effets **acoustiques** (tonnerre),
- ❑ effets **lumineux**.

Effets thermiques

Les effets thermiques associés au phénomène de foudre peuvent être de plusieurs sortes :

- ❑ De manière générale, un courant électrique s'écoulant dans un corps conducteur entraîne son **échauffement**. Ce phénomène, qualifié d'**effet Joule**, peut être à l'origine, dans le cas de la foudre, de la fusion des conducteurs dont le volume n'est pas suffisant pour évacuer la quantité de chaleur générée par les courants de foudre,
- ❑ Lors de coups de foudre, un **contact de mauvaise qualité** entre deux conducteurs peut être le siège d'un échauffement important conduisant à la **fusion des pièces en contact**. Cette fusion peut s'accompagner également de la formation d'un arc et de projection de métal porté à haute température, et peut donc constituer un facteur incendiaire important.
- ❑ Dans les cas particuliers où les courants de foudre s'écoulent dans un **mauvais conducteur** contenant de l'eau (bois, béton), l'échauffement généré est plus important, et est susceptible d'entraîner une **vaporisation de l'eau** contenue dans le matériau et en conséquence, l'**éclatement** de ce dernier.
- ❑ Aux points de jonction entre un conducteur (surface métallique) et un arc de retour, une grande quantité de charges électriques doit être écoulée dans un temps très bref.

Ce phénomène entraîne un **échauffement local important** du métal, qui, s'il s'avère généralement sans conséquences graves, peut conduire à la perforation de tôle d'acier de 2 à 3 mm d'épaisseur.

- ❑ Enfin, lorsque l'arc traverse des **substances inflammables**, il est capable de déclencher un **incendie**, directement par conduction de la chaleur ou par simple rayonnement thermique.

Description du phénomène de foudre

Effets de la foudre sur les installations

Montées en potentiel et amorçages

L'amorçage (l'étincelage) se produit lorsque la tension électrique entre deux points dépasse un **seuil** qui dépend de leur **éloignement** et des caractéristique du milieu isolant qui les sépare. Ce phénomène transitoire se produit dans l'air lorsque le champ électrique est de l'ordre de 30 kV/cm.

Ces différences de potentiel peuvent ainsi occasionner :

- ❑ des **destructions d'équipements** électriques ou électroniques,
- ❑ des **claquages** (étincelles) entre les descentes de paratonnerre et des objets métalliques proches reliés au sol, créant ainsi un risque important d'inflammation.

Effets électromagnétiques

Le canal de foudre ainsi que les éléments écoulant le courant de foudre à la terre génèrent un champ électromagnétique. Des **courants et tensions induits** vont alors apparaître dans les conducteurs proches. A titre d'illustration, signalons qu'à 100 m du point d'impact, un éclair peut induire une tension de 80 V dans une boucle d'un mètre carré formée par un conducteur.

Les différences de potentiels qui en résultent peuvent à leur tour entraîner des **claquages** dans les éléments électriques ou électroniques reliés à ces conducteurs. Ces claquages peuvent être également de forte intensité et créer un risque d'**inflammation** ou de **destruction** du même type que celui créé par le coup direct. Par ailleurs, certains équipements sensibles aux perturbations électromagnétiques peuvent être perturbés ou détruits par le champ créé par un éclair proche.

Les surtensions induites par un champ électromagnétique sont généralement de courte durée. Leur amplitude dépend notamment de la vitesse de variation du courant induit dans le composant considéré. Cette vitesse de variation est à relier à la **raideur du coup de foudre** et donc au profil de l'onde magnétique générée.

Ainsi, les temps de montée, de valeur de crête et le temps de descente ont chacun des effets destructeurs ou perturbateurs :

- ❑ le **temps de montée** : certains composants discrets (triacs, thyristors par exemple) sont déclenchés ou détruits par des impulsions de bas niveau, mais à front très raide (dU/dt et dI/dt importants) ;
- ❑ la **valeur de crête** : les surtensions de crête supérieures à la valeur admissible de certains éléments entraînent leur destruction par claquage ; c'est le cas pour les condensateurs, les diodes et en général les couches d'arrêt des semi-conducteurs ;
- ❑ le **temps de descente** : les impulsions de longue durée endommagent la plupart des composants du fait de l'énergie qu'elles véhiculent.

Sans aller jusqu'à la destruction d'un composant ou d'un circuit, les perturbations du réseau peuvent aussi entraîner des **erreurs de fonctionnement** d'équipements électroniques par suite de l'action d'une impulsion, même faible, sur un microprocesseur, une mémoire ou une logique câblée (bascule,...).

Les effets seront par exemple :

- ❑ l'**arrêt** ou le **démarrage incontrôlé** d'une machine automatique,
- ❑ le **fonctionnement erratique** d'équipements,
- ❑ la **perturbation** de **programmes informatiques**,

Description du phénomène de foudre

Effets de le foudre sur les installations

- ❑ le **déclenchement intempestif** d'une centrale d'alarme,
- ❑ des **erreurs d'affichage** ou de **calcul** (mesures,...).

Il est clair que la perturbation d'organes électriques jouant un rôle particulièrement important pour la sécurité de l'installation peut être une **cause d'accidents majeurs**. L'analyse d'accidents menée dans le paragraphe « retour d'expérience auprès des exploitants » p10 a d'ailleurs mis en lumière que les accidents de ce type n'étaient pas à exclure.

Enfin, l'action cumulée et répétée de surtensions ou de surintensités successives, non destructives individuellement, peut conduire à un **vieillessement prématuré** de certains composants électriques.

Relativement aux effets électromagnétiques de la foudre, il convient notamment de retenir que :

- ❑ la foudre peut avoir des **conséquences destructrices ou perturbatrices** sur des installations électriques ou électroniques situées dans un rayon de **plusieurs kilomètres** à partir du point d'impact ;
- ❑ une alimentation électrique d'un bâtiment réalisée par câbles souterrains n'est **pas pour autant protégée** des effets de la foudre et les équipements électriques ou électroniques branchés dans ce bâtiment ne sont pas à l'abri des conséquences de ce phénomène électrique.

Effets électrodynamiques

Des effets électrodynamiques peuvent être générés dès lors qu'un courant fort circule dans un conducteur se trouvant par ailleurs dans un champ magnétique généré par des courants voisins. Par analogie, on peut se référer aux phénomènes apparaissant sur des jeux de barres de poste de puissance en cas de court-circuit.

Ces effets peuvent être soit **attractifs**, soit **répulsifs** suivant la disposition des conducteurs les uns par rapport aux autres. Ces efforts peuvent atteindre de **plusieurs centaines à plusieurs milliers de newtons** pour des coups de foudre violents et conduisent à des déformations mécaniques pouvant entraîner des ruptures ou des arrachages de support.

Effets électrochimiques

Ces effets sont généralement négligeables sur les installations au sol, les quantités de matière pouvant se décomposer par électrolyse restant faibles, même pour des quantités de charge transférées importantes. Une surveillance des prises de terre reste cependant nécessaire (risque de corrosion,...).

Effets acoustiques

Les forces électrodynamiques liées au courant s'écoulant dans l'éclair créent une dilatation de l'air du canal de foudre, accompagnée d'une élévation de pression dans le canal.

Cette surpression et sa disparition brutale, créent une **onde de choc** qui se propage ensuite dans l'atmosphère. Cette onde de choc peut générer de fortes surpressions sur des structures avoisinantes et conduire au **renversement** de panneaux, murs,...

Description du phénomène de foudre

Effets de le foudre sur les installations

Effets lumineux

Les effets sur les installations sont **limités aux équipements optiques** (cellules, caméra,...). En ce qui concerne l'homme, des **lésions oculaires** peuvent toutefois apparaître.

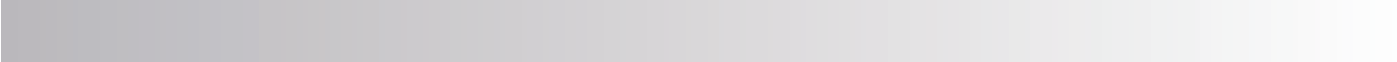
Accidents corporels dus a la foudre

Les accidents corporels dus à la foudre ne sont pas très fréquents, mais leurs conséquences, souvent très graves, doivent être connues, ainsi que les règles élémentaires à respecter pour se protéger (**voir site internet de l'association Protection Foudre, <http://www.apfoudre.com/>**).

En ce qui concerne l'atteinte d'une personne par un coup de foudre, il convient de distinguer :

- ❑ le **coup de foudre « direct »** : le courant de foudre « entre » par la partie supérieure d'une personne et s'écoule au sol en passant par les membres inférieurs ;
- ❑ le **foudroiement par éclair « latéral »** : le courant de foudre « descend » par un élément faiblement conducteur avant de choisir un chemin de moindre résistance, qui peut être une personne se situant à proximité ;
- ❑ le **foudroiement par « tension de pas »** : lorsque la foudre frappe un point au sol, on a alors une différence de potentiel suffisante pour générer un courant passant par les membres inférieurs d'un individu ;
- ❑ le **foudroiement par « tension de toucher »** : la tension de toucher intervient comme mécanisme de foudroiement lorsqu'une personne touche un objet conducteur lui-même parcouru par un courant de foudre ;
- ❑ le **foudroiement par « courant induit »** : foudroiement par captage capacitif d'une des ramifications d'un coup de foudre descendant ;
- ❑ le **foudroiement par « différence d'impédance »** avec le milieu ambiant. Par exemple une personne dans une piscine présente une impédance de plus faible valeur que le milieu ambiant et sera ainsi parcourue par un courant plus fort.

Le risque majeur des foudroiements est l'**arrêt cardio-respiratoire**. Comme dans le cas des électrisations par courant de fréquence industrielle, seule la **réanimation cardiaque et respiratoire immédiate** peut sauver la victime.



Contexte réglementaire français

25 L'arrêté du 4 octobre 2010

30 La circulaire du 24 avril 2008

33 Évolution des exigences de protection

*33 Impact sur les installations existantes
en 2008*

34 Les documents exigibles

*34 La qualification des acteurs de la
protection*

Contexte réglementaire français

L'arrêté du
4 octobre 2010

L'évolution des connaissances dans le domaine de la protection contre la foudre et le retour d'expérience sur les sites industriels (**Annexe 4**) ont montré que des mesures doivent être prises pour réduire davantage les risques liés à la foudre sur les installations classées.

L'arrêté du 4 octobre 2010

Le texte complet de l'arrêté est présenté en **annexe 2**.

L'approche globale de la protection

L'obligation de prendre en compte le risque foudre dans une installation classée pour la protection de l'environnement a presque 20 ans. L'arrêté du 19 juillet 2011 remplace l'arrêté du 15 janvier 2008, qui lui-même abrogeait un arrêté du 28 janvier 1993.

L'arrêté du 19 juillet 2011 modifie l'arrêté du 4 octobre 2010. Le texte réglementaire qui traite de la protection contre la foudre des installations classées est désormais l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011. La section III de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié est présentée en **annexe 2**.

L'arrêté s'appuie sur le concept d'une approche globale de protection contre la foudre des installations classées, alors que jusqu'avant 2008, la protection des structures était traitée indépendamment de la protection des personnes ou des installations électriques. L'harmonisation des normes de protection foudre et les méthodes d'analyse du risque foudre permettent un traitement global de la protection.

Cette évolution augmente significativement les paramètres à prendre en compte et rend l'analyse un peu plus complexe. Le retour d'expérience de l'application de l'arrêté du 28 janvier 1993 a montré une **multiplicité de pratiques** et une **disparité importante** de l'efficacité des mesures mises en œuvre. Aussi, l'arrêté du 4 octobre 2010 impose que les missions suivantes soient réalisées par des **organismes et de personnes reconnus compétents** :

- ❑ Analyse du risque foudre (ARF) ;
- ❑ Étude Technique (ET) ;
- ❑ Installation des protections ;
- ❑ Vérification des protections.

Les **référentiels** qui permettent de qualifier les organismes reconnus compétents sont **approuvés** par le ministre chargé des installations classées.

Pour une installation **soumise à autorisation** au titre de la législation des installations classées et dont la rubrique est listée dans l'arrêté, **une ARF doit être réalisée** car une agression par la foudre pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement.

Il s'agit de « ... *présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique...* ».

Contexte réglementaire français

L'arrêté du
4 octobre 2010

Pour les installations soumises à autorisation au titre de la législation des installations classées et dont la rubrique n'est **pas listée dans l'arrêté**, le préfet peut rendre applicable l'arrêté si une agression par la foudre pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement aux intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement.

L'ARF est basée sur la norme **NF EN 62305-2** « Protection contre la foudre – Partie 2 : évaluation du risque ». Elle est systématiquement mise à jour dans les cas suivants :

- A l'occasion de **modifications notables** des installations nécessitant le dépôt d'une nouvelle autorisation au sens de l'article R. 512-33 du Code de l'environnement :

« Toute modification apportée par le demandeur à l'installation, à son mode d'utilisation ou à son voisinage, et de nature à entraîner un changement notable des éléments du dossier de demande d'autorisation, doit être portée avant sa réalisation à la connaissance du préfet avec tous les éléments d'appréciation. Le préfet fixe, s'il y a lieu, des prescriptions complémentaires dans les formes prévues à l'article R. 512-31.

S'il estime, après avis de l'inspection des installations classées, que les modifications sont de nature à entraîner des dangers ou inconvénients, mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1, le préfet invite l'exploitant à déposer une nouvelle demande d'autorisation.

Tout transfert d'une installation soumise à autorisation sur un autre emplacement nécessite une nouvelle demande d'autorisation. Les demandes mentionnées aux deux alinéas précédents sont soumises aux mêmes formalités que les demandes d'autorisation primitives. »

- A chaque **révision** de l'étude de dangers (tous les 5 ans pour les installations soumises à servitudes (AS))
- Pour toute **modification** des installations qui peut avoir des répercussions sur les données d'entrées de l'ARF. Ces modifications peuvent être par exemple : modification de l'élévation d'une structure, extension, ajout d'équipements en toiture, de lignes électriques ou de canalisations métalliques à l'extérieur de la structure, qui toutes augmentent significativement le risque de dommage dû à la foudre. Un changement d'activité peut également nécessiter la révision de l'ARF (manipulation, transformation, et stockage de nouveaux produits).

En fonction des résultats de l'analyse du risque foudre, une étude technique (ET) est réalisée. Cette étude définit les mesures à mettre en œuvre pour atteindre l'efficacité de protection définie par l'ARF. C'est l'ET qui définit les protections alors que l'ARF indique le besoin ou non de protection et l'efficacité associée.

Une notice de vérification et maintenance est rédigée lors de la phase d'ET lorsque les protections sont définies. Elle sert de support aux vérifications.

L'ensemble des actions (ARF, ET, installation, vérification, dépose et élimination des déchets) réalisées lors du cycle de vie du **Système de Protection contre la Foudre** (SPF) est consigné dans un carnet de bord. Ce document permet de démontrer la cohérence de la démarche et de prouver que chaque mission a été réalisée conformément aux exigences.

Les paratonnerres radioactifs en place sur les installations visées par l'arrêté doivent être déposés avant le 1^{er} janvier 2012.

Contexte réglementaire français

L'arrêté du 4 octobre 2010

Seules les sociétés autorisées par l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) peuvent procéder à la dépose, au conditionnement, au transport et à l'entreposage des paratonnerres radioactifs. L'annexe 5 présente la liste de ces sociétés (source <http://www.andra.fr> en novembre 2011).

Le tableau ci-dessous présente les **rubriques de la nomenclature** qui figurent dans l'arrêté du 4 octobre 2010.

n° rubrique	Intitulé
47	Fabrication du sulfate d'aluminium et fabrication d'aluns : 1. Par le lavage des terres alumineuses grillées 2. Par l'action de l'acide sulfurique sur la bauxite (voir 2546)
70	Traitement des bains et boues provenant du dérochage des métaux par l'acide nitrique
de 1110...	Fabrication industrielle de substances et préparations très toxiques telles que définies à la rubrique 1000, à l'exclusion des substances et préparations visées explicitement ou par famille par d'autres rubriques de la nomenclature et à l'exclusion de l'uranium et ses composés. La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant : 1. supérieure ou égale à 20 t 2. inférieure à 20 t
...jusqu'à 1820	Fabrication, emploi ou stockage des Substances ou préparations dégageant des gaz toxiques au contact de l'eau, à l'exclusion des substances et préparations visées explicitement ou par famille par d'autres rubriques de la nomenclature.
2160	Silos et installations de stockage de céréales, grains, produits alimentaires ou tout produit organique dégageant des poussières inflammables 1. En silos ou installations de stockage a) si le volume total de stockage est supérieur à 15 000 m ³ 2. Sous structure gonflable ou tente a) si le volume total de la structure gonflable ou de la tente est supérieur à 100 000 m ³
2180	Établissements de fabrication et dépôts de tabac La quantité totale susceptible d'être emmagasinée étant : 1. supérieure à 25 t
2225	Sucreries, raffineries de sucre, malteries
2226	Amidonneries, féculeries, dextrineries
2250	Alcools d'origine agricole, eaux-de-vie et liqueurs (production par distillation des) La capacité de production exprimée en alcool absolu étant : 1. supérieure à 500 l/j
2255	Alcools de bouche d'origine agricole, eaux de vie et liqueurs (stockage des) Lorsque la quantité stockée de produits dont le titre alcoométrique volumique est supérieur à 40%, susceptible d'être présente est : 1. supérieure ou égale à 50 000 t 2. supérieure ou égale à 500 m ³
2260	Broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épluchage et décortication des substances végétales et de tous produits organiques naturels, à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2220, 2221, 2225 et 2226, mais y compris la fabrication d'aliments pour le bétail. La puissance installée de l'ensemble des machines fixes concourant au fonctionnement de l'installation étant : 1. supérieure à 500 kW

Contexte réglementaire français

L'arrêté du
4 octobre 2010

n° rubrique	Intitulé
2345	Utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou vêtements; la capacité nominale(1) totale des machines présentes dans l'installation étant : 1. supérieure à 50 kg
2410	Ateliers où l'on travaille le bois ou matériaux combustibles analogues La puissance installée pour alimenter l'ensemble des machines étant : 1. supérieure à 200 kW
de 2420...	Charbon de bois (fabrication du) 1. par des procédés de fabrication en continu 2. par des procédés de fabrication à fonctionnement en discontinu, la capacité totale des enceintes où s'effectue la carbonisation étant supérieure à 100 m ³
...jusqu'à 2450	Imprimeries ou ateliers de reproduction graphique sur tout support tel que métal, papier, carton, matières plastiques, textiles etc. utilisant une forme imprimante 1. Offset utilisant des rotatives à séchage thermique 2. Héliogravure, flexographie et opérations connexes aux procédés d'impression quels qu'ils soient comme la fabrication de complexes par contrecollage ou le vernissage si la quantité totale de produits consommée pour revêtir le support est : supérieure à 200 kg/j 3. Autres procédés, y compris les techniques offset non visées en 1/ si la quantité d'encres consommée est : supérieure ou égale à 400 kg/j
2531	Verre ou cristal (travail chimique du) Le volume maximum de produit de traitement susceptible d'être présent dans l'installation étant : a) supérieure à 150 l
de 2541...	Agglomération de houille, charbon de bois, minerai de fer, fabrication de graphite artificiel, la capacité de production étant supérieure à 10 t/j Grillage ou frittage de minerai métallique, y compris de minerai sulfuré
...jusqu'à 2552	Fonderie (fabrication de produits moulés) de métaux et alliages non-ferreux (à l'exclusion de celles relevant de la rubrique 2550) La capacité de production étant : 1. supérieure à 2 t/j
de 2562...	Bains de sels fondus (chauffage et traitements industriels par l'intermédiaire de) Le volume des bains étant : 1. supérieur à 500 l
...jusqu'à 2670	1. Fabrication, la quantité de matière susceptible d'être fabriquée étant supérieure à 500 kg/j
2680	Organismes génétiquement modifiés (installations où sont mis en œuvre dans un processus de production industrielle ou commercial des) à l'exclusion de l'utilisation de produits contenant des organismes génétiquement modifiés qui ont reçu une autorisation de mise sur le marché conformément à la loi n° 92.654 du 13 juillet 1992 et utilisés dans les conditions prévues par cette autorisation de mise sur le marché 2. organismes et notamment micro-organismes génétiquement modifiés du groupe II
2681	Micro-organismes naturels pathogènes (mise en œuvre dans des installations de production industrielle)
2714	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 1 000 m ³ (A-1)

Contexte réglementaire français

L'arrêté du
4 octobre 2010

n° rubrique	Intitulé
2717	<p>Installation de transit, regroupement ou tri de déchets contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 1313, 2710, 2711, 2712 et 2719.</p> <p>1. La quantité des substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations (AS-2).</p> <p>2. La quantité des substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant inférieure aux seuils AS et supérieures ou égales aux seuils A des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations (A-2).</p>
2718	<p>Installation de transit, regroupement ou tri de déchets dangereux ou de déchets contenant les substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 1313, 2710, 2711, 2712, 2717 et 2719.</p> <p>La quantité de déchets susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale à 1 t (A-2).</p>
2750	<p>Station d'épuration collective d'eaux résiduaires industrielles en provenance d'au moins une installation classée soumise à autorisation</p>
2770	<p>Installation de traitement thermique de déchets dangereux ou de déchets contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement.</p> <p>1. Les déchets destinés à être traités contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement.</p> <p>a) La quantité de substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations (AS-3);</p> <p>b) La quantité de substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant inférieure aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations (A-2).</p> <p>2. Les déchets destinés à être traités ne contenant pas les substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement (A-2).</p>
2782	<p>Installations mettant en œuvre d'autres traitements biologiques de déchets non dangereux que ceux mentionnés aux rubriques 2780 et 2781 à l'exclusion des installations réglementées au titre d'une autre législation (A-3).</p>
2790	<p>Installation de traitement de déchets dangereux ou de déchets contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 1313, 2720, 2760 et 2770.</p> <p>1. Les déchets destinés à être traités contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement.</p> <p>a) La quantité de substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations (AS-3)</p> <p>b) La quantité de substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant inférieure aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations (A-2)</p> <p>2. Les déchets destinés à être traités ne contenant pas les substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'environnement (A-2).</p>
2791	<p>Installation de traitement de déchets non dangereux à l'exclusion des installations visées aux rubriques 2720, 2760, 2771, 2780, 2781 et 2782.</p> <p>La quantité de déchets traités étant supérieure ou égale à 10 t/j (A-2).</p>
2795	<p>Installation de lavage de fûts, conteneurs et citernes de transport de matières alimentaires, de matières dangereuses au sens de la rubrique 1000 de la nomenclature des installations classées ou de déchets dangereux.</p> <p>La quantité d'eau mise en œuvre étant supérieure ou égale à 20 m³/j (A-1).</p>

Contexte réglementaire français

L'arrêté du 4 octobre 2010

n° rubrique	Intitulé
de 2910...	Combustion à l'exclusion des installations visées par les rubriques 167C et 322 B4. La puissance thermique maximale est définie comme la quantité maximale de combustible, exprimée en PCI, susceptible d'être consommée par seconde.
...jusqu'à 2920	Réfrigération ou compression (installations de) fonctionnant à des pressions effectives supérieures à 10^5 Pa, et comprimant ou utilisant des fluides inflammables ou toxiques, la puissance absorbée étant supérieure à 10 MW (A-1)
2940	Vernis, peinture, apprêt, colle, enduit, etc. (application, cuisson, séchage de) sur support quelconque (métal, bois, plastique, cuir, papier, textile) à l'exclusion : <ul style="list-style-type: none">- des activités de traitement ou d'emploi de goudrons, d'asphaltes, de brais et de matières bitumineuses, couvertes par la rubrique 1521,- des activités couvertes par les rubriques 2445 et 2450,- des activités de revêtement sur véhicules et engins à moteurs couvertes par la rubrique 2930,- ou de toute autre activité couverte explicitement par une autre rubrique. <ol style="list-style-type: none">1. Lorsque les produits mis en œuvre sont à base de liquides et lorsque l'application est faite par procédé « au trempé ». Si la quantité maximale de produits susceptible d'être présente dans l'installation est :<ol style="list-style-type: none">a) supérieure à 1 000 l2. Lorsque l'application est faite par tout procédé autre que le « trempé » (pulvérisation, enduction). Si la quantité maximale de produits susceptible d'être mise en œuvre est :<ol style="list-style-type: none">a) supérieure à 100 kg/j3. Lorsque les produits mis en œuvre sont des poudres à base de résines organiques. Si la quantité maximale de produits susceptible d'être mise en œuvre est :<ol style="list-style-type: none">a) supérieure à 200 kg/j
2950	Traitement et développement des surfaces photosensibles à base argentique, la surface annuelle traitée étant : <ol style="list-style-type: none">1. Radiographie industrielle :<ol style="list-style-type: none">a) supérieure à 20 000 m²2. Autres cas (radiographie médicale, arts graphiques, photographie, cinéma) :<ol style="list-style-type: none">a) supérieure à 50 000 m²

Tableau 3 : Liste des rubriques visées par l'arrêté du 4 octobre 2010

Le tableau ci-dessus est réalisé à partir des informations obtenues sur le site d'information réglementaire relatif au droit de l'environnement industriel : <http://www.ineris.fr/aida>. **Seules les publications au Journal officiel de la République française ont une valeur juridique.**

La circulaire du 24 avril 2008

La circulaire (texte en **annexe 3**) faisait référence à l'arrêté du 15 janvier 2008. Or l'arrêté du 19 juillet 2011 abroge cet arrêté du 15 janvier 2008, et complète l'arrêté du 4 octobre 2010 par des exigences spécifiques à la foudre. La circulaire du 24 avril 2008 s'appuie donc maintenant sur l'arrêté du 04 octobre 2010 modifié. Elle traite des points suivants :

- Analyse du risque foudre (ARF)
- Étude technique (ET)
- Vérification des protections contre la foudre
- Exigences minimales pour les référentiels de qualification des organismes compétents
- Circulaires d'application de l'arrêté abrogé du 28 janvier 1993

Contexte réglementaire français

La circulaire du 24 avril 2008

Note

Dans l'ensemble du présent document, les installations qui doivent faire l'objet d'une ARF et d'une étude technique sont appelées indifféremment « bâtiments » ou « structures ».

□ Paratonnerres à sources radioactives

Depuis sa publication cette circulaire a appelé plusieurs interrogations de la part des industriels et des bureaux d'études notamment sur les points suivants :

□ Analyse du risque foudre (ARF)

L'ARF prend en compte le risque de perte de vie humaine (appelé R1 dans la norme *NF EN 62305-2*) et les défaillances des réseaux électriques et électroniques.

Dans l'application de la norme *NF EN 62305-2*, cela signifie que le calcul des risques R2 « **risque de perte de service public** », R3 « **risque de perte d'héritage culturel** », et R4 « **risque de perte de valeurs économiques** » est laissé à l'appréciation de l'exploitant. Bien que la protection contre la foudre limite considérablement les dommages en cas d'agression et par conséquent protège l'outil de production de l'exploitant, la réglementation n'impose pas la protection des installations pour d'autres raisons que celles exprimées à l'article 16 de l'arrêté du 4 octobre 2010.

L'ARF identifie les équipements et installations dont une protection doit être assurée. L'annexe de la circulaire rappelle que l'étude des dangers (EDD) fournit des données d'entrée à l'ARF. Les événements redoutés sont précisés dans le dossier d'autorisation d'exploiter (DAE).

Les structures pour lesquelles un événement redouté est identifié par l'exploitant dans le DAE sont mentionnées dans l'ARF. Le calcul de risque R1 selon la norme *NF EN 62305-2* n'est **pas appliquée à toutes les structures** d'un site soumis à autorisation mais aux structures pour lesquelles **un dommage** (au sens de la norme *NF EN 62305-2*) **est identifié** dans l'EDD ou l'étude d'impact.

La norme *NF EN 62305-2* ne traite pas explicitement de la protection des installations électriques pour lesquelles une défaillance aurait des conséquences telles que celles indiquées à l'article 16 de l'arrêté du 4 octobre 2010. **L'ARF ne se limite donc pas au calcul du risque R1**. L'exploitant doit indiquer les éléments importants pour la sécurité des installations (EIPS).

Une approche systématique de protection des EIPS électriques ou électroniques dont la défaillance peut conduire, lors de la survenance d'un coup de foudre, à un phénomène dangereux doit être retenue dans les ARF. La défaillance s'entend lorsque l'équipement n'est pas en mesure de contenir le développement du scénario ayant pour origine la foudre.

Les critères à retenir pour savoir si l'ARF doit être appliquée pour un bâtiment sont :

- La foudre peut être l'**événement initiateur** d'un phénomène dangereux mentionné dans l'étude de danger.
- Ou un matériel électrique ou électronique défini comme **important pour la sécurité** et dont la défaillance peut conduire au phénomène dangereux.

□ Étude technique (ET)

L'étude technique, assez limitée avant la parution des normes de la série *EN 62305*, est désormais une étape importante car elle doit définir une protection dont l'efficacité est précisément définie dans l'ARF. En effet, les normes européennes privilégient la protection intrinsèque des structures **dès leur conception**.

Contexte réglementaire français

La circulaire du 24 avril 2008

Il est en effet préférable d'utiliser au maximum les structures dites « naturelles » dans les normes qui sont susceptibles de capter, canaliser et diffuser les courants de foudre dans le sol.

La circulaire rappelle que la protection des structures doit être conforme à la norme *NF EN 62305-3*. La mise en place de **Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage** (PDA) comme élément de capture est également autorisée. Dans ce cas, le rayon de protection retenu doit être réduit au minimum de 40% par rapport à la valeur indiquée dans la norme *NF C 17-102*.

En complément des systèmes de protection, des mesures de prévention peuvent être définies dans l'étude technique conformément à la norme *NF EN 50536*. Ces mesures peuvent réduire les risques calculés selon la norme *NF EN 62305-2*. Aussi peut-il être intéressant techniquement et économiquement de les retenir à la condition qu'elles soient intégrées dans les procédures d'exploitation de l'installation.

□ Vérification

L'arrêté du 28 janvier 1993 imposait la mise en place d'un compteur de coup de foudre sur les installations de paratonnerres. L'arrêté du 4 octobre 2010 impose d'enregistrer des agressions de la foudre. Les enregistrements peuvent être réalisés de différentes manières :

- *Enregistrements manuels* : les coups de foudre observés sont consignés dans un registre. Ceci impose une présence humaine permanente sur le site et une procédure qui précise les conditions d'observation et d'enregistrement.
- *Enregistrements automatiques* : Les coups de foudre sont enregistrés en France par un réseau de détection. Le nombre d'impacts dans une zone qui englobe les installations à surveiller peut être mis à disposition de l'exploitant qui souscrit à un abonnement (l'opérateur en France est METEORAGE).
- *Compteur de coups de foudre* : l'équipement, conforme à la norme *EN 50164-6 [17]*, s'incrémente lors du passage d'un courant de foudre. Le compteur doit être relevé selon une période suffisamment courte pour permettre une vérification visuelle des dispositifs de protection concernés, dans un délai maximum d'un mois.

La procédure et le registre renseigné associés au relevé des compteurs démontrent que le système de protection est correctement suivi. L'utilisation des compteurs horodatés ou à report d'information collectée sur une Gestion Technique Centralisée prouve que l'exigence d'enregistrement est assurée.

□ Paratonnerres radioactifs

La circulaire rappelle que les opérations de dépose, conditionnement, transport et entreposage éventuel, avant la collecte des paratonnerres par l'ANDRA, sont de la responsabilité de leur détenteur.

En application de l'article L.1333-4 du Code de la santé publique et de l'article 3-6-g de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, c'est l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) qui délivre l'autorisation d'effectuer la dépose, le démontage et le conditionnement en fûts de paratonnerres radioactifs et d'entreposer des paratonnerres radioactifs en vue de leur mise au rebut.

Les paratonnerres à sources radioactives doivent être déposés avant le 1^{er} janvier 2012.

Note

La liste des sociétés autorisées à la dépose des paratonnerres radioactifs est accessible sur internet (<http://www.andra.fr>, voir liste en annexe 5)

Contexte réglementaire français

Evolution des exigences de protection

Évolution des exigences de protection

Les principales évolutions de l'arrêté du 4 octobre 2010 sont :

- ❑ Le remplacement de l'étude préalable par une **analyse du risque** et une **étude technique**. L'analyse du risque fixe les besoins de protection/prévention. L'étude technique définit les caractéristiques et les règles d'installations des dispositifs de protection.
- ❑ La **vérification simplifiée annuelle** des dispositifs de protection.
- ❑ La réalisation des différentes missions liées à la protection des installations est confiée à des **professionnels reconnus compétents**.
- ❑ Les rubriques de la nomenclature des installations classées visées sont **précisées** dans l'arrêté.

La circulaire rappelle les différentes étapes qui conduisent à la réduction des risques et indique les documents afférents à la démarche de protection contre la foudre. Les annexes comprennent l'organigramme de la démarche de protection et la liste des documents normatifs associés pour mener une étude.

Impact sur les installations existantes en 2008

L'arrêté prévoit pour les installations existantes que :

- ❑ Le contrôle quinquennal des installations de protection est remplacé par une **vérification annuelle**.
- ❑ Les installations doivent disposer d'une **analyse du risque foudre** (ARF) au 1^{er} janvier 2010.
- ❑ L'étude technique et l'installation des protections dont le besoin est identifié dans l'ARF doivent être réalisés **à partir du 1^{er} janvier 2010** et au plus tard **deux ans après la réalisation de l'ARF**.
- ❑ Les protections doivent être vérifiées **dans un délai de 6 mois** après leur installation par un organisme compétent **distinct de l'installateur**.
- ❑ Durant la période transitoire, les équipements mis en place en application de la réglementation antérieure font l'objet d'une **surveillance**, conformément à la norme NF C 17-100.
- ❑ Les paratonnerres à source radioactive doivent être **déposés avant le 1^{er} janvier 2012** et remis à la filière de traitement des déchets radioactifs.

Les mesures réglementaires doivent respecter les échéances suivantes :

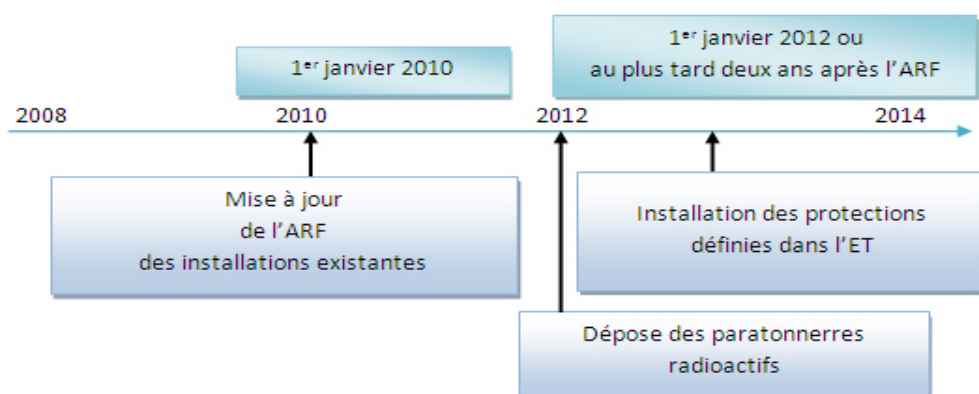


Fig 9: échéance d'application des exigences réglementaires

Contexte réglementaire français

Impact sur les installations existantes en 2008

Les étapes du suivi des installations doivent suivre la chronologie suivante :

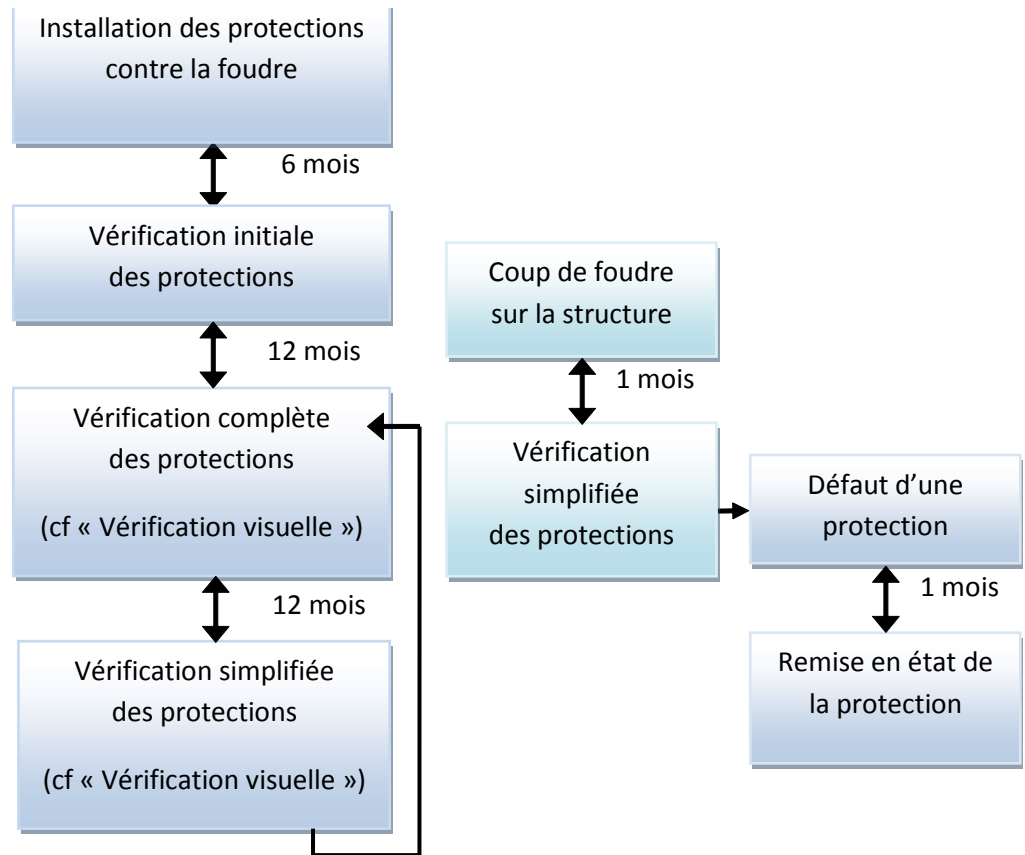


Figure 10 : chronologie des étapes de vérifications

Les documents exigibles

L'arrêté du 4 octobre 2010 impose que l'exploitant tienne à disposition de l'inspection des installations classées :

- ❑ l'analyse du risque foudre (voir « les méthodes » p38) ;
- ❑ l'étude technique (voir « présentation des résultats de l'ET » p66) ;
- ❑ la notice de vérification et de maintenance (voir « notice de vérification et de maintenance » p67) ;
- ❑ les rapports de vérifications (voir « présentation des résultats » p77) ;
- ❑ le carnet de bord (voir « le carnet de bord du SPF » p77).

L'ARF et l'ET peuvent être deux parties distinctes d'un même document.

La qualification des acteurs de la protection

Les différentes activités (études, installations et vérifications) associées à la protection contre la foudre des installations visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 doivent être réalisées par des **organismes reconnus compétents**.

Il est précisé que : « *Sont reconnus compétents les organismes et personnes qualifiés par un organisme indépendant selon un référentiel approuvé par le ministre chargé des installations classées* ».

Contexte réglementaire français

La qualification des acteurs de la protection

A la date d'émission de ce rapport, deux référentiels de qualification sont reconnus (article 17 de l'arrêté du 4 octobre 2010) par le Ministère :

☐ QUALIFOUDRE

L'INERIS délivre la qualification QUALIFOUDRE. La qualification, délivrée pour 3 ans, concerne les activités suivantes :

- Fabrication des systèmes de protection contre la foudre (SPF)
- Analyse du risque foudre (ARF) ;
- Étude technique (ET) ;
- Installation des paratonnerres ;
- Installation des parafoudres ;
- Vérifications simplifiées ;
- Vérifications complètes.

Plus d'informations sur <http://www.qualifoudre.org>

☐ Foudre Contrôle Certification (F2C)

Les membres représentatifs des organismes de contrôle appartenant à la confédération des organismes indépendants tierce partie de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC) ont initié cette démarche de qualification.

La qualification délivrée pour 5 ans concerne les activités suivantes :

- Analyse du risque foudre (ARF) ;
- Étude technique (ET) ;
- Vérifications simplifiées ;
- Vérifications complètes.

Plus d'informations sur http://portail.global-conseil.fr/fr/GLOBAL_CERTIFICATION

Analyse du risque foudre

37 Les objectifs de l'ARF

37 les structures concernées par l'ARF

37 les limites de l'ARF

38 Les méthodes

39 l'approche probabiliste simplifiée

*40 l'approche probabiliste selon la norme
NF EN 62305-2*

41 l'approche déterministe

42 Les logiciels d'évaluation du risque foudre

43 L'application de la norme NF EN 62305-2

43 les données d'entrée

45 calculs selon la norme NF EN 62305-2

53 l'exploitation des calculs

55 la présentation des résultats de l'ARF

Analyse du risque foudre

Les objectifs de l'ARF

Note

L'ARF comprend les étapes suivantes :

- l'identification des événements redoutés,
- le recensement des mesures déjà prises (existantes) pour la réduction des risques,
- l'évaluation du risque et la détermination du niveau de protection,
- le choix des mesures de réduction des risques

Les objectifs de l'ARF

L'analyse du risque foudre identifie les structures (bâtiments) et les équipements pour lesquels une protection doit être assurée.

Il s'agit de définir le **besoin de prévention** et de **protection** contre la foudre pour les structures et les équipements dont la destruction ou la défaillance peuvent créer des **événements redoutés** visés à l'article 17 de l'arrêté (voir « contexte réglementaire français » p24).

Les structures concernées par L'ARF

L'annexe de la circulaire du 24 avril 2008 précise que la première étape est une **identification des événements redoutés**. Il s'agit de prendre en compte l'étude des dangers réalisée sur le site et retenir les scénarios pour lesquels la foudre a été identifiée comme événement initiateur.

L'étude de danger n'indique pas explicitement les structures et les équipements concernés par l'ARF. Toutes les structures d'un site industriel ne sont pas systématiquement évaluées par une étude selon la norme *NF EN 62305-2*.

Les **critères à retenir** pour savoir si la méthode d'analyse du risque doit être appliquée pour un bâtiment sont les suivants :

- ❑ **Un scénario d'accident a été retenu** et la foudre peut être l'événement initiateur.
- ❑ Un matériel électrique ou électronique défini comme **important pour la sécurité** et dont la défaillance peut conduire au phénomène dangereux est situé dans le bâtiment.

Cela implique que certains bâtiments ne sont pas concernés. Cependant, il est nécessaire de s'interroger sur la continuité de service de certaines installations. En effet, il est fréquent que des équipements de surveillance et/ou de contrôle soient localisés dans des bâtiments pour lesquels le risque foudre n'est à priori pas retenu dans l'étude de danger. Ces équipements peuvent par exemple être des centrales de mesures de rejet, de détection incendie, de pilotage de processus industriel, de vidéosurveillance, de communication avec les secours... Il s'agit de vérifier lors de l'ARF si le deuxième critère ci-dessus doit être retenu.

Les limites de L'ARF

L'ARF n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). Elle précise, pour les structures concernées, l'efficacité attendue des mesures visant à réduire le risque à un niveau résiduel dit tolérable. Cette efficacité est traduite en niveau de protection I à IV, définis dans les normes de protection contre la foudre.

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

L'ARF fait parfois mention de protections qui ne sont pas indispensables pour répondre aux exigences réglementaires, mais qui permettent de réduire significativement le coût des dommages en cas d'agression de la foudre. Il est judicieux de proposer ces conseils dans une partie dédiée du rapport l'ARF. Ceci a pour objectifs de permettre à l'exploitant de choisir ou non de mettre en œuvre ces mesures optionnelles ou de définir des priorités d'investissement.

Analyse du risque foudre

Les méthodes



Les méthodes

Il existe plusieurs méthodes pour définir le besoin de protection contre la foudre :

- Les méthodes **probabilistes** dites **simplifiées** définies dans les guides *UTE C 15-443* et *UTE C 17-108*.
- La méthode **probabiliste** définie dans la norme européenne *EN 62305-2*.
- La méthode **déterministe**.

En dehors du contexte réglementaire de l'arrêté du 4 octobre 2010, le choix de la méthode d'ARF dépend de la complexité de l'installation à protéger. Cette complexité conduit à définir trois cas :

□ Cas simple (S) :

Il s'agit d'un seul bâtiment, avec une ligne d'alimentation et éventuellement une ligne téléphonique. L'installation ne dispose pas de réseau informatique interne ou de système centralisé de surveillance ou d'alerte.

□ Cas intermédiaire (I) :

C'est un bâtiment avec plusieurs liaisons vers l'extérieur (électriques ou canalisations métalliques), ou un ensemble de bâtiments simples. Les conséquences attendues d'un coup de foudre sur ou à proximité de l'installation sont a priori de faible gravité. L'évaluation des risques ne nécessite pas l'examen ou la réalisation d'études spécifiques autres que celles prévues dans l'application des normes et guides techniques relatifs à la protection foudre. L'installation peut disposer de réseau informatique. Il n'y a pas de barrières techniques de sécurité.

□ Cas complexe (C) :

Il s'agit d'un bâtiment avec plusieurs liaisons vers l'extérieur (électriques ou canalisations métalliques), ou d'un ensemble de structures. Les conséquences attendues d'un coup de foudre sur ou à proximité de l'installation sont a priori de forte gravité. L'évaluation des risques nécessite l'examen ou la réalisation d'études spécifiques autres que celles prévues dans l'application des normes et guides techniques relatifs à la protection foudre. L'installation peut disposer de réseau informatique assurant des fonctions de sécurité. Il peut également y avoir des barrières techniques de sécurité.

Analyse du risque foudre

Les méthodes

Note

L'ARF est une mission d'identification des risques et de définition des besoins de protection.

L'efficacité de la protection nécessaire correspond à un « niveau de protection » défini dans les normes européennes.

L'ARF n'est pas une mission de vérification des protections.

Si ces dernières sont présentes, il convient de compléter l'ARF par une étude technique qui évaluera l'efficacité des moyens déjà en place par rapport aux normes en vigueur.

* : la dépose n'est pas une obligation réglementaire. Il est nécessaire de vérifier le bon état des protections existantes par rapport à la norme en vigueur lors de leur installation.

La **Figure 11** illustre la démarche qui conduit au **choix de la méthode d'analyse** du risque foudre dans le cadre général.

Il est important de noter que les installations visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 doivent être considérées comme des cas complexes.

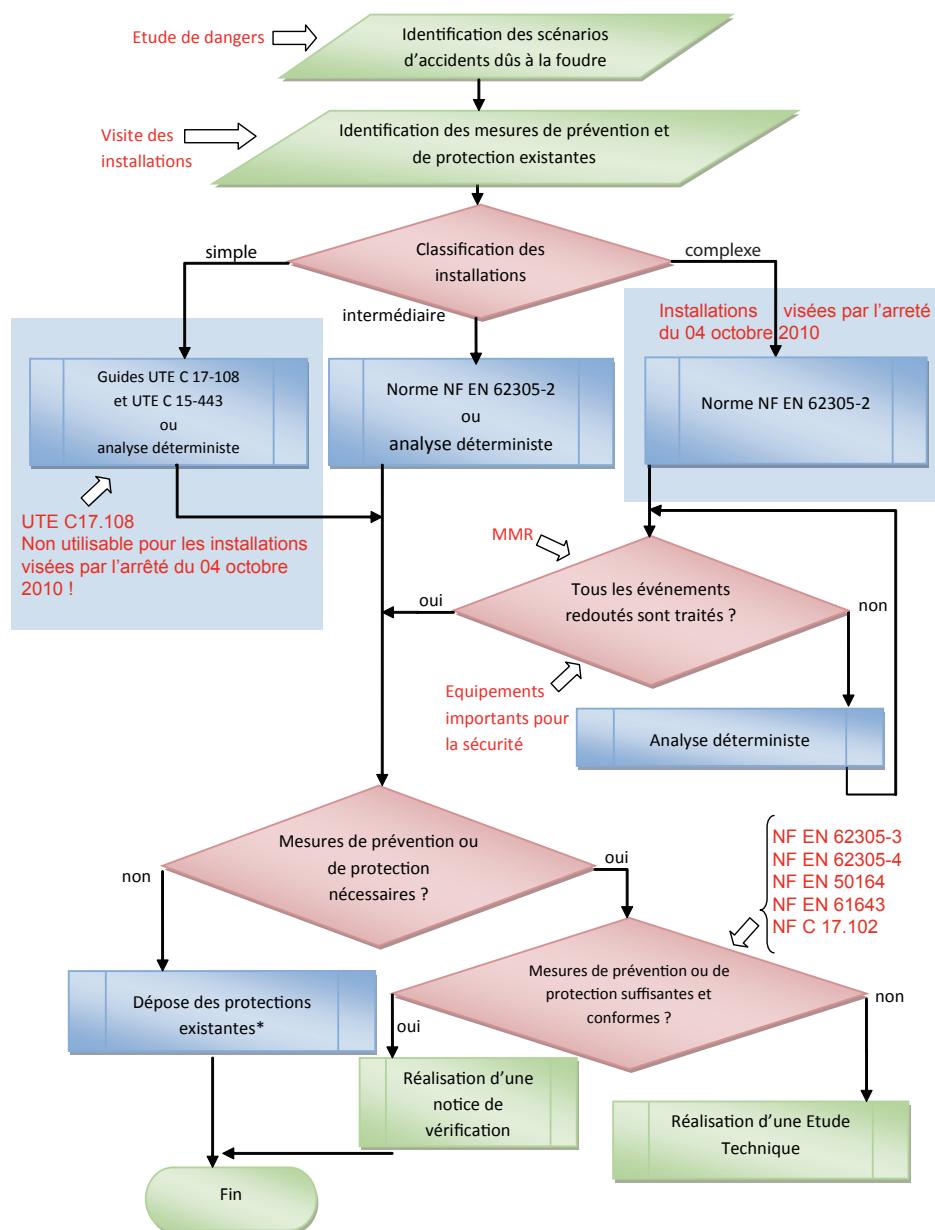


Figure 11 : Choix de la méthode d'ARF

L'approche probabiliste simplifiée

Les méthodes probabilistes comme celles définies dans les guides *UTE C 17 108* [3] et *UTE C 15 443* [4] sont adaptées à des bâtiments de configuration simple et sans risque élevé.

Il n'est pas acceptable d'utiliser ces méthodes pour les installations visées par l'arrêté du 4 octobre 2010.

La seule méthode probabiliste admise en application de l'arrêté [15] est celle décrite dans la norme *NF EN 62305-2*.

Analyse du risque foudre

Les méthodes

L'approche probabiliste selon la norme NF EN 62305-2

La norme *NF EN 62305-2* définit le besoin de protection contre la foudre des structures. Elle est très similaire à la norme internationale *CEI 62305-2*.

L'application de cette norme consiste à définir les paramètres qui caractérisent la structure à étudier et son environnement puis à appliquer un calcul de risque. La norme définit les notions suivantes :

- Quatre **sources de dommages** : le foudroiement d'une structure, le foudroiement à proximité d'une structure, le foudroiement d'une ligne qui pénètre dans la structure et enfin le foudroiement à proximité d'une ligne.
- Trois **types de dommages** : la blessure d'êtres vivants ou la perte de vie humaine, les dommages sur les structures (destruction complète ou partielle due à un coup de foudre direct, incendie, explosion...) et les défaillances d'équipements électriques (perturbation, panne ou destruction de matériel).
- Quatre types de **pertes** : la perte de vie humaine, la perte de service public, la perte d'héritage culturel et la perte économique (structure, contenu, activité). Pour chacune de ces pertes, un risque est défini. Le risque total est calculé comme la somme des composantes élémentaires regroupées selon les quatre sources de dommages.

La circulaire du 24 avril 2008 précise que seul le risque de pertes de vies humaines (R1) doit être calculé. Ce calcul prend en compte le risque environnemental (cf **Tableau 13** p52).

Le risque est défini comme la perte annuelle moyenne probable dans une structure due aux coups de foudre. Il dépend :

- du **nombre annuel** de coups de foudre impliquant la structure et les lignes ;
- de la **probabilité** de dommages dus à l'un de ces coups de foudre ;
- du **coût moyen** des pertes consécutives.

Quatre risques sont définis :

- R1 : risque de perte de **vie humaine** ;
- R2 : risque de perte de **service public** ;
- R3 : risque de perte d'**héritage culturel** ;
- R4 : risque de perte de **valeurs économiques**.

Seul le **risque R1** doit être calculé en application de l'arrêté du 4 octobre 2010.

Dans cette norme, le calcul des risques constitue un processus itératif qui a pour objet de réduire les risques à un niveau jugé **acceptable** (le risque est alors dit **maîtrisé**). Cette démarche est fondée sur l'ARF, qui consiste à :

- identifier les **sources de dangers** c'est-à-dire les éléments susceptibles d'engendrer des dommages significatifs dans leur environnement ;
- identifier de façon détaillée les différentes **conditions** dans lesquelles les dangers identifiés peuvent **se matérialiser** ;
- caractériser les risques de façon **quantitative, semi-quantitative** ou **qualitative**, selon plusieurs critères tels la gravité des conséquences et la fréquence d'occurrence.

Le processus d'analyse [2] doit aboutir à une estimation (ou mesure) des risques. L'évaluation des risques consiste ensuite à comparer le niveau de risque résiduel

Analyse du risque foudre

Les méthodes

Note

Lorsque des MMR sont définies dans une installation, la méthode NF EN 62305-2 n'est pas suffisante et elle doit être complétée par une approche précisant la mise en place de bonnes pratiques de protections. Cela est le cas par exemple pour les bacs de stockage de produits pétroliers pour lesquels des solutions simples et systématiques sont préconisées par les guides professionnels.

estimé sur le bâtiment à un **niveau fixé comme acceptable** par l'exploitant, une norme ou la réglementation : le risque est dit maîtrisé.

L'arrêté du 4 octobre 2010 impose la norme *NF EN 62305-2*, qui fixe le niveau de risque tolérable à 10^{-5} victimes/an dans une structure.

En fonction des résultats de l'évaluation des risques, des mesures de réduction du risque doivent être envisagées, notamment si le risque est jugé non maîtrisé. Le processus de réduction des risques se poursuit alors jusqu'à atteindre un niveau aussi bas que raisonnablement réalisable. C'est pourquoi le processus est itératif.

L'analyse de risques est le plus souvent assurée au sein d'un groupe de travail qui réunit des personnes spécialistes et expérimentées des installations ; ce travail est généralement complété par une caractérisation des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident selon trois critères qui sont :

- la **probabilité d'occurrence** ;
- la **cinétique** (afin de vérifier que la mise en œuvre des mesures de prévention est compatible avec la cinétique de déroulement de l'accident ou de l'apparition du phénomène dangereux) ;
- l'**intensité des effets** du phénomène et la gravité des conséquences potentielles.

Cette caractérisation prend en compte les mesures de prévention et de protection dont la performance aura pu être justifiée (**MMR**).

La majorité des grandes surfaces commerciales et des installations industrielles (et en particulier les installations classées soumises à autorisation), peuvent être considérées comme des installations complexes.

Si l'arrêté indique que l'ARF est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à la norme *NF EN 62305-2*, cela ne signifie pas que l'ARF se limite à réaliser un calcul tel qu'il est proposé dans la norme. En effet, il s'agit préalablement de définir les structures concernées (voir « les structures concernées par l'ARF » p37).

La méthode de la norme *NF EN 62305-2* s'applique à des bâtiments. Or les installations présentant des risques peuvent être des zones ouvertes (ex. stockage de fûts en extérieur) ou des structures à l'extérieur des bâtiments (bacs ou réservoirs de stockage).

L'approche déterministe

Dans certains cas, une analyse déterministe des phénomènes peut être utilisée en complément de l'analyse probabiliste. Une méthode dite « déterministe » consiste à décider de protéger une installation **sans prendre en compte l'occurrence de l'événement foudre**.

Dans l'approche déterministe, les **modes de défaillance** des installations sont préalablement identifiés par l'exploitant. Lorsqu'une défaillance simple ne conduit pas systématiquement à une situation sûre (perte de la sécurité d'un système), la décision de **protéger** est retenue.

Des modifications appropriées de la structure et/ou de son exploitation peuvent

Analyse du risque foudre

Les méthodes

faire en sorte que les scénarios conduisant à la défaillance du système ne soient plus possibles.

L'approche déterministe ne doit pas être utilisée comme palliatif en cas de mauvaise application de la méthode probabiliste. En effet, certaines études réalisées selon la méthode *NF EN 62305-2* conduisent à l'évaluation d'un risque tellement élevé que la mise en œuvre de protection ne suffit pas à une réduction au niveau tolérable.

Dans la majorité des cas, la méthode *NF EN 62305-2* est mal maîtrisée et/ou le danger est surévalué. Dans ces cas, les études doivent être révisées afin d'être réalisées correctement en application de la norme *NF EN 62305-2*.

Il est utile de rappeler que les principaux cas pour lesquels une approche déterministe est applicable sont les suivants :

❑ Les installations pour lesquelles le risque est **facilement maîtrisable**

C'est par exemple le cas du risque de percement d'un réservoir de produit chimique non inflammable. En fonction de la nature du produit et de sa toxicité, on sait grâce à une épaisseur suffisante de la cuve et à la présence d'une cuve de rétention, s'affranchir totalement des risques de dispersion de produit liés à l'activité orageuse (à l'exception des émanations de gaz).

❑ Les installations **génériques**

Ce sont des installations qui existent en grand nombre et pour lesquelles une étude précise des phénomènes et des moyens de protection peut être réalisée dans le détail.

Des solutions techniques optimisées sont parfois définies suite au retour d'expérience sur les installations. Ce sont, par exemple, les réseaux d'énergie et de communication, les relais téléphoniques et de télévision, les cuves de stockage d'hydrocarbure, les éoliennes, etc.

Les logiciels d'évaluation du risque foudre

Plusieurs logiciels d'évaluation du risque foudre sont proposés aux bureaux d'études, et certains professionnels de la foudre ont développé leur propre logiciel. Ces logiciels évitent de faire manuellement les calculs itératifs des méthodes probabilistes.

Pour les installations complexes, et en particulier pour les structures concernées par l'ARF dans le cadre de l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010 (voir « les structures concernées par l'ARF » p37), il ne faut pas utiliser un logiciel dans lequel des composantes élémentaires du risque ou des paramètres de calcul sont figés par soucis de simplification. Un tel logiciel ne permettrait pas de prendre en compte la complexité des structures ni l'optimisation des mesures de réduction des risques.

C'est le cas du logiciel SIRAC proposé par la CEI pour présenter la méthode de calcul de la norme *CEI 62305-2*. Il n'a pas vocation à être utilisé pour la norme *NF EN 62305-2*.

Un rapport d'ARF, pour laquelle un logiciel de calculs est utilisé, doit comprendre le listing de calcul qui montre les valeurs retenues pour toutes les variables de calcul.

Important !

La seule fourniture d'un listing de calculs **ne constitue pas une ARF !**

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

Note

L'exploitant doit retenir que la méthode permet de prendre en compte les protections dites « naturelles » comme les charpentes métalliques et les bardages métalliques, qui participent sous certaines conditions à la réduction des risques.

De plus les moyens de réduction des risques d'incendie, comme la présence de pompiers et l'extinction automatique sont pris en compte.

L'application de la norme NF EN 62305-2

Les données d'entrée

L'implication de l'exploitant

La participation de l'exploitant est aussi importante pour le recueil des données d'entrée de l'ARF que pour l'élaboration de l'étude de danger.

La collecte de certaines données (dimension des structures, niveau d'activités orageuses) ne pose pas de problème au professionnel qui réalise l'ARF. Pour les données qui ont une influence déterminante sur le besoin de protection (le zonage ATEX, la charge calorifique surfacique à l'intérieur de la structure, le temps de présence du personnel, les conséquences d'un accident...), il est indispensable que l'exploitant communique des informations **justes** et **précises**. En effet, une mauvaise approximation de ces valeurs peut conduire à une erreur importante dans l'estimation du risque.

Les tableaux 4 à 8 présentent les données qui sont utilisées pour la réalisation d'une ARF. Certaines sont indispensables, d'autre permettent une optimisation du calcul de risque. Pour certains paramètres généralement non disponibles, la norme *NF EN 62305-2* propose des valeurs par défaut. C'est le cas par exemple pour la résistivité du sol qui, par défaut, est proposée à 500 ohm.mètre, ou pour la longueur d'une ligne entrante dans une structure, par défaut de 1000 m.

A titre d'exemple, les **5 tableaux** ci-après constituent un **recueil de données** pour la réalisation de l'ARF.

Données pour la réalisation de l'ARF - structure à protéger

Désignation de la structure (n°, nom, fonction)
Dimensions (longueur, largeur, hauteur maximale, hauteur de cheminée)
Situation relative de la structure (déterminée à partir du plan de masse : éloignement de la structure la plus proche en m)
Nombre de niveaux (étages, sous sol)
Type de mur (béton, métallique, bois...)
Type de couverture (béton, métallique, fibrociment, tuile...)
Particularités en toiture (pente, terrasse, acrotère, édicule...)
Type de sol à l'intérieur (béton, linoléum, bois...)
Distance entre les fermes de la charpente métallique
Distance entre les pannes qui relient les fermes
Résistivité du sol (ohm.m)
Type de sol (argile, granite, silice, humus...)
Y-a-t-il une prise de terre en fond de fouille ?
Les liaisons d'équipotentialité des masses sont-elles réalisées ?
Les ferraillements du béton armés sont ils reliés ? (quelles est la dimension des mailles)

Tableau 4 : fiche descriptive d'une structure à protéger contre la foudre

Données pour la réalisation de l'ARF - installations complémentaires

Mur coupe-feu séparant deux parties du bâtiment (durée)
Stockage extérieur à moins de 3 m du bâtiment (produit, quantité, contenant)
Installation de paratonnerre sur le bâtiment (type, année, état)

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

⁽²⁾L'énergie surfacique dépend des matières stockées et de leur quantité, elle est généralement déterminée par l'assureur du bâtiment pour quantifier l'effet d'un incendie.

Données pour la réalisation de l'ARF - installations complémentaires

Nombre de conducteur de descente du paratonnerre
Nombre de prises de terre pour la foudre
Nombre de compteur de coup de foudre (indication du compteur)
Installation des parafoudres sur les lignes électriques (lignes protégées, type de protection, état)
Système de sécurité incendie (détection simple ou avec report, extinction automatique, extincteurs, présence de pompiers ou délai avant leur intervention)

Tableau 5 : installations complémentaires sur le bâtiment

Données pour la réalisation de l'ARF - gravité des dommages

Référence de l'étude de dangers (version, date)
Scénarios retenus dans l'étude de dangers
Énergie surfacique ⁽²⁾ à l'intérieur du bâtiment (charge calorifique en Méga Joules par m ²)
Type et localisation des zones à risque d'explosion (Z0, Z1, Z2, Z20, Z21, Z22)
Nombre de personnes dans le bâtiment
Durée de présence de ces personnes dans le bâtiment
Nombre de victimes en cas d'accident lié à la foudre
Conséquences d'une coupure d'alimentation du bâtiment (aucune, perte de productivité, perte de la sécurité de l'installation)
Conséquences (hors incendie) de la détérioration d'équipements par la foudre (sans effet important, perte de productivité, perte de la sécurité de l'installation...)
Nombre d'équipements électriques IPS dans le bâtiment
Liste des équipements électriques IPS reliés au bâtiment par une des lignes définies au tableau suivant.

Tableau 6 : gravité des dommages

Données pour la réalisation de l'ARF - lignes

Désignation de la ligne
Type de ligne (alimentation BT, HT, courant faible)
Type de câble (qualité du blindage)
Présence d'un transformateur à l'entrée du bâtiment
Cheminement (aérien, enterré) à l'extérieur du bâtiment
Support du câble (chemin de câble métallique, capoté, tube rigide, tube métallique...) à l'extérieur du bâtiment
Cheminement à l'intérieur du bâtiment (formation ou non de boucle susceptible de capter l'impulsion électromagnétique de la foudre)
Support du câble (chemin de câble métallique, capoté, tube rigide, tube métallique...) à l'intérieur du bâtiment
Tenue aux surtensions de l'équipement (1,5 kV, 2,5 kV, 4 kV ou 6 kV)
Désignation de l'équipement relié dans la structure (armoire de distribution, moteur, automate,...)
Où va cette ligne ?
Longueur de la ligne entre les équipements (intérieur et extérieur)
Nombre de câbles qui empruntent le même cheminement à l'extérieur du bâtiment

Tableau 7 : lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

IEMF
Impulsion **É**léctromagnétique
Foudre

⁽³⁾Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux équipés de matériels électriques de réanimation ou autres structures, lorsque les défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

Données pour la réalisation de l'ARF - canalisations

Désignation de la canalisation
Nombre de canalisations qui entrent au même endroit dans le bâtiment.
Cheminement (aérien, enterré)
Matériau, épaisseur (> 4 mm ?)
Protection cathodique
Protection thermique (calorifugeage)
Liaisons à la terre (nombre, type...)
Continuité de la canalisation (soudée, dimension des tresses ou des câbles d'équipotentialité)

Tableau 8 : canalisations métalliques

Calculs selon la norme NF EN 62305-2

Pour évaluer le **risque R1**, les composantes appropriées du risque (risques partiels dépendant de la source et du type de dommage) doivent être définies et calculées.

Le risque R1 est la somme des risques qui le composent. Les composantes du risque peuvent être groupées en fonction de la source et du type des dommages.

RA : composante liée aux **blessures d'êtres vivants** dues aux **tensions de contact** et **tensions de pas** dans les zones jusqu'à 3 m à l'extérieur de la structure

RB : composante liée aux **dommages physiques** d'un étincelage dangereux dans la structure entraînant un **incendie** ou une **explosion** pouvant produire des dangers pour l'environnement

RC : composante liée aux **défaillances des réseaux internes** causées par l'IEMF (impact **direct**)

RM : composante liée aux **défaillances des réseaux internes** causées par l'IEMF (impact à **proximité**)

RU : composante liée aux **blessures d'être vivants** dues aux **tensions de contact** à l'intérieur de la structure en raison du courant de foudre **injecté dans une ligne entrante**

RV : composante liée aux **dommages physiques** (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration de la ligne dans la structure) dus au courant de foudre transmis dans les **lignes entrantes**

RW : composante liée aux **défaillances des réseaux internes** en raison des **surtensions** induites sur les **lignes entrantes** et transmises **à l'intérieur** de la structure

RZ : composante liée aux **défaillances des réseaux internes** en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises **à la structure**. Des pertes de type L2 et L4 pourraient apparaître dans tous les cas. Le type L1 pourrait apparaître dans le cas des structures présentant un risque d'explosion, des hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

$$R1 = RA + RB + RU + RV + [RC + RM + RW + RZ]^{(3)}$$

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

⁽⁴⁾Les mesures de protection ne doivent être considérées comme **fiables** selon la norme NF EN 62305-2 que si elles satisfont aux prescriptions des normes applicables :

- Normes **NF EN 62305-3** et **NF EN 62305-4** pour la protection afin de réduire les blessures aux êtres vivants et les dommages physiques dans une structure ;
- Normes **NF EN 61643-11** et **NF EN 62305-4** pour la protection en vue de réduire les défaillances des réseaux internes.

Rappel

le guide *UTE C 17-100-2* est équivalent à la norme *NF EN 62305-2*.

Chaque composante du risque est calculée de la manière suivante :

$$R = \sum N.P.L$$

Où **N** est le **nombre annuel** de coups de foudre ;

P est la **probabilité** pour qu'un événement dangereux cause un dommage à ou dans un objet à protéger ;

L est le **montant moyen de pertes** (personnes et biens) consécutif à un type spécifique de dommage dû à un événement dangereux, par rapport à la valeur (personnes et biens) de l'objet à protéger.

Le risque tolérable RT pour R1 proposé par la norme est de 10^{-5} . L'arrêté du 4 octobre 2010 n'impose pas une autre valeur. Un premier calcul de R1 doit être réalisé sans tenir compte des protections déjà installées.

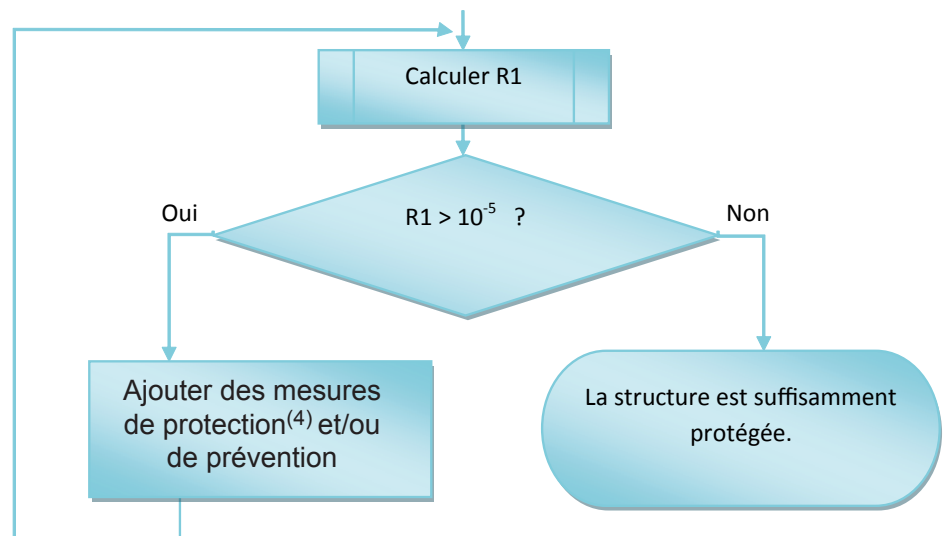


Figure 12 : logigramme de réduction du risque

Quels sont les principaux facteurs d'incertitude sur le calcul du risque ?

□ Le nombre annuel N de coups de foudre

Il est fonction de la *surface de captation* et de la *densité de foudroisement*. Le calcul de la surface de captation est lié aux dimensions du bâtiment. Il est donc reproductible et précis. Le principal élément d'incertitude est l'utilisation du *facteur d'emplacement*, qui peut introduire des erreurs significatives par rapport à la réalité.

On peut s'en affranchir en grande partie en substituant le facteur d'emplacement à une répartition des surfaces de captation entre les différentes structures voisines ; une *construction graphique sur un plan de masse* est alors nécessaire.

La densité de foudroisement peut être obtenue de différentes sources :

- la *valeur locale de la commune* donnée par Météorage (société française de détection et de localisation). La valeur à retenir est la densité d'arc ;
- la densité de foudroisement, donnée par le *guide UTE C 15-443 [4]*, est obtenue à partir du niveau kéraunique divisé par 10.

Suivant la source, on peut avoir jusqu'à un rapport 10 sur le seul paramètre de la densité de foudroisement. Il est préférable de *retenir la valeur locale*.

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

□ La probabilité P qu'un coup de foudre cause des dégâts

L'estimation de cette probabilité prend en compte un certain nombre de facteurs aggravant ou diminuant le risque, mais ne tient pas compte de la *géométrie des locaux à l'intérieur de la structure* étudiée.

La norme considère qu'en l'absence de protection contre la foudre, la probabilité de dommage est de 1.

Lorsqu'il y a un risque d'étincelle et des produits inflammables dans une structure, il est retenu un risque d'incendie.

Une structure abritant des produits inflammables stockés dans des contenants métalliques étanches peut parfois être considérée comme une structure qui présente un risque d'incendie faible (voir tableau **Tableau 12** p51). Il est alors nécessaire de démontrer que la foudre ne peut pas frapper directement les contenants métalliques. Dans ce cas, le produit inflammable peut être considéré au minimum en ZPF2 (Zone de Protection contre la Foudre 2) selon la norme *NF EN 62305-4* (voir **Figure 20** p71).

□ Le montant moyen L des pertes ramené à la valeur de la structure

La norme propose des valeurs moyennes pour les différents effets de la foudre (voir **Tableau 12** p51). Néanmoins, le choix des valeurs est laissé à l'appréciation du bureau d'étude et peut être source d'incertitude.

Les données liées à la structure

Les données liées à **la structure** à étudier, prises en compte dans la méthode de calcul de la norme *NF EN 62305-2* sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Variable	Désignation	Commentaires
Cd	Facteur d'emplacement	Situation relative du bâtiment (isolé, structure plus grande ou plus petite située à une distance inférieure à 3 fois la hauteur de la structure à étudier). Pondere le nombre de coup de foudre attendu sur la structure. (valeurs possibles : 0,25 ; 0,5 ; 1 et 2)
Ce	Facteur d'environnement	Pondere l'affaiblissement électromagnétique du lieu (en zone urbaine, un nombre important d'immeubles d'une vingtaine de mètres atténué d'un rapport 10 l'impulsion électromagnétique de la foudre)
Ct	Facteur de correction pour la présence d'un transformateur HT/BT	La présence d'un transformateur à l'entrée d'une structure atténue d'un facteur 5 les perturbations conduites sur la ligne en amont
H	Hauteur de la structure	Après la densité de foudroiement, la hauteur est le paramètre le plus influent pour le nombre de coups de foudre attendus
Ha	Hauteur de la structure connectée à l'extrémité d'une ligne pénétrant dans la structure	La méthode prend en compte les coups de foudre qui frappent les structures reliées électriquement amenant des perturbations conduites dans la structure étudiée
Hc	Hauteur au-dessus du sol des conducteurs d'une ligne pénétrant dans la structure	Plus une ligne aérienne est haute plus le nombre de coup de foudre attendu est important
KS4	Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau	$KS4 = 1,5 / U_w$ (U_w est la tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger, en kV)
L	Longueur de la structure	La longueur intervient dans le nombre d'événement attendu sur la structure

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

Note

Lorsque plusieurs canalisations ou câbles empruntent le même cheminement, l'ensemble compte pour un service (sinon la surface de capture de la foudre sur le service est anormalement augmentée).

La protection éventuellement nécessaire pour le service est valable pour tous les câbles ou canalisations qui constituent le service entrant.

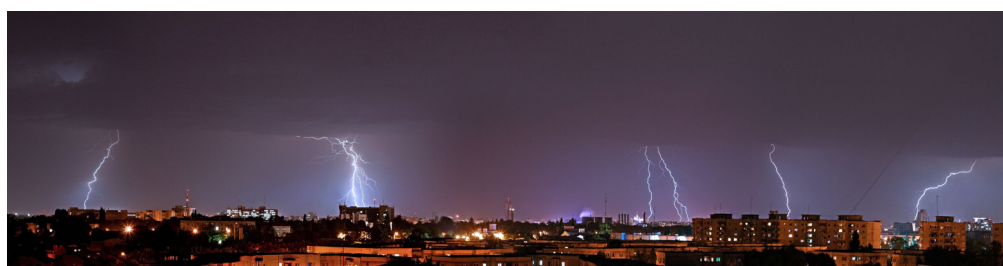
Variable	Désignation	Commentaires
La	Longueur de la structure connectée à l'extrémité d'un service	La méthode prend en compte les coups de foudre qui frappent les structures reliées électriquement amenant des perturbations conduites dans la structure étudiée
Lc	Longueur de la section du service	La longueur du service (de la ligne ou canalisation pénétrante dans la structure) intervient dans le nombre d'événements attendus sur le service
n	Nombre de services entrant dans la structure	Le nombre de service entrant correspond au nombre de vecteurs susceptibles de faire entrer une perturbation foudre dans la structure. Lorsque plusieurs canalisations ou câbles empruntent le même cheminement, l'ensemble compte pour un service (sinon la surface de capture de la foudre sur le service est anormalement augmentée). La protection éventuellement nécessaire pour le service est valable pour tous les câbles ou canalisations qui constituent le service entrant.
Ng	Densité de foudroiement au sol	Nombre de coups de foudre par km ² /an. L'information par département peut être obtenue sur la carte de la norme <i>NF C 15 100</i> ou par ville avec le service proposé par METEORAGE
ρ	Résistivité du sol	Par défaut la norme propose de retenir 500 ohm.m
Rs	Résistance d'écran par unité de longueur d'un câble	Résistance du blindage du câble
w	Largeur de maille	Distance moyenne entre les conducteurs qui constituent une protection de type cage maillée (protection par conducteurs dédiés ou « naturelle »).
Wa	Largeur de la structure connectée à l'extrémité «a» d'un service	La méthode prend en compte les coups de foudre qui frappent les structures reliées électriquement amenant des perturbations conduites dans la structure étudiée.

Tableau 9 : paramètres de calcul liés à la structure étudiée, selon la norme NF EN 62305-2

Les données liées aux protections

Les données liées aux **protections** mises en place contre la foudre, ou à l'**immunité intrinsèque** des installations aux agressions de la foudre, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Variable	Désignation	Commentaires
Kms	Facteur relatif aux performances des mesures de protection contre l'IEMF	$Kms = KS1 \times KS2 \times KS3 \times KS4$
KS1	Facteur associé à l'efficacité d'écran d'une structure	Voir calcul dans l'annexe B de la norme
KS2	Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans internes à la structure	Voir calcul dans l'annexe B de la norme



Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

Variable	Désignation	Commentaires
KS3	Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Câble non écranté – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles (Ks3 = 1) <input type="checkbox"/> Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille (Ks3 = 0,2) <input type="checkbox"/> Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles (Ks3 = 0,02) <input type="checkbox"/> Câble écranté avec résistance d'écran $5 < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$ (Ks3 = 0,001) <input type="checkbox"/> Câble écranté avec résistance d'écran $1 \leq R_s < 5 \Omega/\text{km}$ (Ks3 = 0,000 2) <input type="checkbox"/> Câble écranté avec résistance d'écran $R_s < 1 \Omega/\text{km}$ (Ks3 = 0,000 1)
KS4	Facteur associé à la tension de tenue aux chocs des réseaux à protéger.	$KS4 = 1,5 / U_w$
Pb	Probabilité de défaillance du SPF	Voir Tableau 15
Pspd	Probabilité de défaillance des réseaux internes ou d'un service avec l'installation de parafoudres	Voir Tableau 15
ra	Facteur de réduction associé au type de sol	Résistance de contact : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> $\leq 1 \text{ k}\Omega$ ($ra = 10^{-2}$) <input type="checkbox"/> 1 à 10 $\text{k}\Omega$ ($ra = 10^{-3}$) <input type="checkbox"/> 10 à 100 $\text{k}\Omega$ ($ra = 10^{-4}$) <input type="checkbox"/> $\geq 100 \text{ k}\Omega$ ($ra = 10^{-5}$)
rp	Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pas de disposition ($rp = 1$) <input type="checkbox"/> Une des dispositions suivantes : extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement, installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiments étanches, voies d'évacuation protégées ($rp = 0,5$) <input type="checkbox"/> 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 $t < 10 \text{ min}$) ($rp = 0,2$).
ru	Facteur de réduction associé au type de plancher	Identique à ra
rf	Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure	Voir Tableau 14

Tableau 10 : paramètres de calcul selon la norme NF EN 62305-2 liés aux protections de la structure étudiée

Les données liées à l'activité

Les données liées à l'**utilisation de la structure** et à la **présence de personnes** dans la zone d'effet d'un accident consécutif à une agression de la foudre sont présentées dans le tableau ci-après.

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

Variable	Désignation	Commentaires
hz	Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial	Voir Tableau 13
Lo	Pertes dues aux défaillances des réseaux internes	Voir Tableau 12
Lt	Pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas	Voir Tableau 12
np	Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)	Voir ci-dessous
Nt	Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure	Voir ci-dessous
T	Temps annuel de perte de service, en heures	
tp	Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux	Voir ci-dessous

Tableau 11 : paramètres de calcul selon la norme NF EN 62305-2 liés à l'activité dans la structure étudiée

Évaluation du montant des pertes Lx dans une structure

L'annexe C de la norme *NF EN 62305-2* permet de définir les valeurs Lx. Cela conduit à estimer la perte relative de vies humaines, a priori, dans la structure impactée.

Les pertes Lx varient selon le type de perte (L1, L2, L3 et L4) considérée et, pour chaque type de perte, selon le type de dommage (D1, D2 et D3) qui en est à l'origine. Les symboles suivants sont utilisés :

- **Lt** : pertes dues aux *blessures* par tensions de contact et de pas ;
- **Lf** : pertes dues aux *dommages physiques* ;
- **Lo** : pertes dues aux *défaillances des réseaux internes*.

La valeur de Lt, Lf et Lo peut être déterminée en termes de nombre relatif de victimes à partir de la relation approchée suivante:

$$Lx = (np/nt) \times (tp/8760)$$

- Où **np** est le nombre de personnes pouvant courir un danger (victimes);
nt est le nombre total présumé de personnes (dans la structure) ;
tp est la durée annuelle en heures de présence des personnes à un emplacement dangereux, à l'extérieur de la structure (Lt uniquement) ou à l'intérieur de la structure (Lt, Lf et Lo). Une année correspond à 8760 heures)

A la page 51, la difficulté pratique du calcul de Lx est présentée et une méthode de choix du paramètre est définie. Lx peut être réduite par des mesures de prévention (voir p32), car ces mesures réduisent parfois tp.

Une autre façon de définir les valeurs de Lt, Lf et Lo est de retenir les valeurs moyennes type proposées dans les tableaux ci-dessous.

Type de structure	Lt
Tout type – (pour les personnes à l'intérieur des bâtiments)	10 ⁻⁴
Tout type – (pour les personnes à l'extérieur des bâtiments)	10 ⁻²
Industrielle – (pour les personnes à l'extérieur des bâtiments quand celles-ci sont alertées d'un risque foudre) ⁽⁵⁾	10 ⁻³

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

⁽⁵⁾Valeurs nationales retenues en France.

Type de structure	Lf
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 ⁻¹
Industrielle (en général), commerciale, scolaire	5.10 ⁻²
Industrielle (structure comprenant de nombreux éléments métalliques comme des tuyaux ou des éléments structurels, permettant au courant de foudre de se disperser sans causer de dommages importants) ⁽⁵⁾	5.10 ⁻³
Industrielle (structure en béton armé ou avec surface métallique conformément au tableau 3 de la norme <i>NF EN 62305-3</i>) quand le dommage au point d'impact reste limité et ne crée pas de dommage additionnel) ⁽⁵⁾	10 ⁻³
Publique, églises, musées	2.10 ⁻²
Autres	10 ⁻²

Type de structure	Lo
Structure avec risque d'explosion	10 ⁻¹
Structure avec risque d'explosion ⁽⁵⁾ :	10 ⁻³
<input type="checkbox"/> Pour lequel la zone 0 reste confinée dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la norme <i>NF EN 62305-3</i> sans pénétration de services dans ce container	
<input type="checkbox"/> Ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive quand celle-ci est non confinée.	
Hôpitaux	10 ⁻³

Tableau 12 : valeurs moyennes types Lt , Lf et Lo
(Extrait de la norme NF EN 62305-2 : tableau C.1 et complément national)

Remarques :

- Il est noté qu'en application de la norme *NF EN 62305-2*, le montant des dommages sera moins important pour une structure occupée par 100 personnes dont 10 personnes sont exposées au risque de foudroiement (perte : 10/100 = 0,1), qu'une structure occupée par une personne exposée au risque (perte : 1/1 = 1). De plus, cette valeur est pondérée en tenant compte du temps de présence des personnes dans la structure, c'est à dire que le risque est encore minoré si la structure n'est pas occupée en permanence.
- Dans le cas d'une installation classée avec une *faible présence humaine* (dans l'unité) mais pouvant générer un grand nombre de victimes à l'extérieur en cas de foudroiement, la norme conduit à considérer un risque quasi-nul. Cette approche *ne permet donc pas d'intégrer les intérêts* défendus par la législation des installations classées, notamment les personnes exposées à l'extérieur de l'établissement.
- Ce problème est lié à l'évaluation du risque de perte de vie humaine (tel que le propose la norme *NF EN 62305-2*) pour calculer un risque environnemental. En pratique, il convient de prendre successivement en compte dans les facteurs suivants :
 - Le facteur **hz** (facteur d'augmentation des pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécifique, voir **Tableau 13**)
 - Le facteur **rf** (facteur de réduction des pertes dues aux dommages physiques en fonction du risque de feu de la structure, voir **Tableau 14**)
 - les dommages **Lx** (perte relative de vies humaines)

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

⁽⁶⁾Danger pour l'environnement : lorsqu'un scénario d'accident initié par la foudre indique qu'il peut y avoir des effets en dehors du bâtiment étudié mais à l'intérieur du site.

La fiche d'interprétation 17-100-2F1 du guide UTE C 17-100-2 de septembre 2006 précise que « danger pour l'environnement signifie émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans le périmètre immédiat de la structure (ou du site) ».

⁽⁷⁾Contamination de l'environnement : lorsqu'un scénario d'accident initié par la foudre indique qu'il peut y avoir des effets en dehors du site industriel.

La fiche d'interprétation 17-100-2F1 du guide UTE C 17-100-2 de septembre 2006 précise que « contamination de l'environnement signifie émission de substances biologiques, chimique et/ou radioactives dans une zone débordant largement du périmètre immédiat de la structure (ou du site) au delà des valeurs autorisées ».

Type de danger particulier	hz
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Danger pour l'environnement ⁽⁶⁾	20
Contamination de l'environnement ⁽⁷⁾	50

Tableau 13 : valeurs du facteur hz augmentant le montant relatif des pertes en présence d'un danger particulier (extrait de la norme NF EN 62305-2 : tableau C.5)

Risque	Niveau	rf	Commentaires
Explosion	Z0, Z20 explosif massif	1	structures contenant des matériaux explosifs solides ou des zones dangereuses comme cela est déterminé dans la <i>CEI 60079-10</i> et dans la <i>CEI 61241-10</i>
Incendie	Elevée	10 ⁻¹	structures en matériaux combustibles ou les structures dont le toit est en matériaux combustibles ou les structures avec une charge calorifique particulière supérieure à 800 MJ/m ² .
	Ordinaire	10 ⁻²	structures qui ont une charge calorifique comprise entre 800 MJ/m ² et 400 MJ/m ² .
	Faible	10 ⁻³	structures qui ont une charge calorifique particulière inférieure à 400 MJ/m ² ou les structures qui ne contiennent qu'occasionnellement des matériaux combustibles.
Explosion Incendie	Aucun	0	

Tableau 14 : valeur du facteur de réduction rf en fonction du risque d'incendie de la structure (extrait du projet Pr NF EN 62305-2 de décembre 2009 : tableau C.4)

Les données d'entrée de l'ARF sont issues de l'étude de danger et des études qui identifient des dommages dans l'installation à protéger. En cas d'absence d'étude, l'exploitant doit définir, avec le bureau d'étude en charge de l'ARF, les paramètres définis ci-dessous :

hz	Les dangers particuliers
rf	Le risque d'incendie
Nbr_Vict_int	Le nombre de victimes à l'intérieur de l'installation (dans le bâtiment ou dans la zone d'effet à l'intérieur du site) suite à un accident industriel identifié.
nt	Le nombre total présumé de personnes (dans la zone d'effet à l'intérieur du site)
Durée_expo	La durée annuelle en heures de présence des personnes à un emplacement dangereux (concomitance de la présence d'un danger environnemental identifié par l'exploitant et de présence de personnes dans la zone d'effet)

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

⁽⁸⁾hz=20 lorsqu'un accident du à la foudre sur un bâtiment peut avoir des effets similaires sur une installation voisine (effet domino possible)

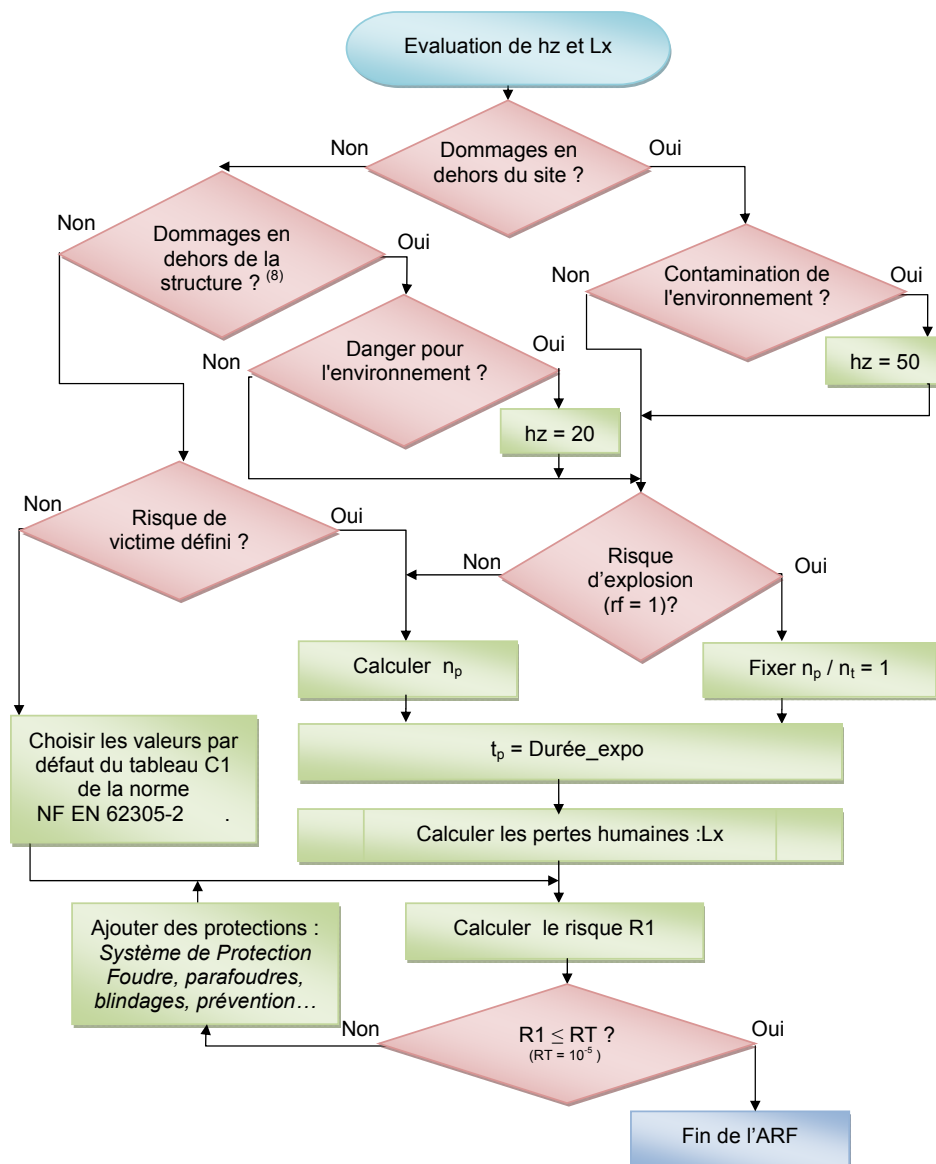


Figure 13 : aide à la pondération du paramètre hz

L'exploitation des calculs

Dans la majorité des cas, les données d'entrée sont considérées comme constantes ou représentatives de la **valeur moyenne annuelle**.

Les hypothèses retenues correspondent à une **situation « normale »** pour la structure étudiée. Cela signifie par exemple que le risque d'incendie ne varie pas durant l'année et que la valeur retenue pour l'activité orageuse (moyenne annuelle) est **significative** pour estimer le nombre d'événements attendus. Le premier calcul réalisé correspond à l'évaluation du risque sans protection spécifique contre la foudre.

Il est utile d'examiner les valeurs des risques élémentaires pour connaître le **point faible** de l'installation. Cela peut être un risque lié à un étincelage dangereux dans la structure entraînant un incendie ou une explosion et conduire à un dommage physique. Dans ce cas, la composante du risque RB (définition des composantes du risque en page 45) est alors plus importante que les autres composantes. Il faut donc réduire le risque en ajoutant un SPF de niveau suffisant, puis refaire le calcul.

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

Important !

L'ARF n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte).

La définition de la protection à mettre en place (paratonnerre, cage maillée, nombre et type de parafoudres) et les vérifications du système de protection existant sont du ressort de l'étude technique.

Note

lorsque l'ARF a retenu des protections (existantes ou nouvelles) pour réduire le risque, une étude technique doit être réalisée.

L'efficacité des dispositions existantes identifiées lors de l'ARF est évaluée lors de l'étude technique à l'aide des normes européennes (série EN 62305) ou françaises (NF C 17-102).

Lorsque la composante RV est prépondérante, une protection des lignes doit être retenue.

Lorsque les dommages attendus suite à une agression de la foudre sont relativement faibles, ou lorsque le nombre attendu d'agressions de la structure est faible, le niveau de **protection intrinsèque** de la structure est **généralement suffisant** (une gravité faible et/ou une occurrence faible donnent un risque faible). Il s'avère souvent qu'aucune protection supplémentaire n'est alors nécessaire. Cependant, il ne faut pas oublier les **protections « naturelles »** qui ont pu être prises en compte dans le calcul initial ; lorsque ces protections sont réduites ou supprimées, le calcul d'ARF doit être revu (ceci doit apparaître dans le rapport d'ARF).

Le besoin de protection définie par l'ARF correspond à l'ensemble des mesures qui permettent de réduire le risque R1 à un niveau inférieur au risque tolérable RT.

La présentation des résultats de l'ARF

La circulaire du 24 avril 2008 précise que l'ARF identifie :

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

Les points importants de l'ARF sont :

- ❑ la **liste précise des dangers** pris en compte avec la référence à la source d'information (lien avec l'EDD) ;
- ❑ la **justification des paramètres** les plus importants retenus dans le calcul selon la norme *NF EN 62305-2* ;
- ❑ la prise en compte des **situations occasionnelles** lorsqu'elles existent ;
- ❑ l'intégration des **protections intrinsèques** de la structure dans le calcul initial du risque (blindage, structures métalliques, bardages, équipotentialité...) ;
- ❑ une liste associée à un niveau de protection indiquant les **structures** et les **équipements** qui nécessitent une protection.

Il se peut que la mission confiée à l'organisme compétent consiste en une ARF sur l'ensemble des installations du site industriel. Il peut s'agir d'une volonté de protéger l'outil de production, de garantir une continuité de service ou encore de limiter le coût de l'agression de la foudre.

Lorsque l'ARF prend en compte des **exigences complémentaires** à celles de l'arrêté, l'ARF doit comprendre deux parties : les mesures **obligatoires** et les mesures **optionnelles**. La première partie sera exigible par l'inspection des installations classées en terme de réduction des risques.

Les mesures obligatoires

Les mesures de protections obligatoires sont celles nécessaires et suffisantes pour que le risque lié à la foudre soit **inférieur au risque tolérable**.

Analyse du risque foudre

L'application de la norme NF EN 62305-2

Elles peuvent être les **protections intrinsèques** à la structure (voir p43) ou des **protections spécifiques** telles que les paratonnerres et les parafoudres.

Lorsque cela a été retenu dans l'analyse, des **mesures organisationnelles** doivent être décrites dans une procédure. Généralement, ces mesures visent à **réduire la durée** des situations à risque : opération à risque différée ou arrêtée lorsque d'un risque d'orage est avéré.

Étude technique des protections contre la foudre

57 Les objectifs de l'ET

57 les structures à protéger

57 Les méthodes

57 les normes de protection

58 les moyens de prévention

58 Les systèmes de protection foudre

59 les paramètres de la foudre et le rayon de la sphère fictive;

59 taille des mailles et angle de protection, les distances typiques entre les conducteurs de descente et entre les conducteurs de ceinturage

60 distances de séparation pour éviter les étincelles dangereuses

62 longueurs minimales des prises de terre

63 liaisons équipotentielles de foudre

64 protection par parafoudre

64 épaisseur minimale des tôles et des canalisations des dispositifs de capture

65 matériaux des SPF et les conditions d'utilisation

66 La présentation des résultats de l'ET

67 La notice de vérification et de maintenance

Étude technique

Les objectifs de l'ET

Note

Lorsque des protections proposées dans l'étude technique ne sont pas indispensables pour répondre strictement aux besoins identifiés dans l'ARF, ceci doit être clairement indiqué.

Les protections contre la foudre déjà en place ne peuvent être retenues dans l'étude technique que si leur conformité aux normes en vigueur est vérifiée.

Les objectifs de l'ET

Lorsqu'une ARF définit un besoin de réduction du risque foudre et l'efficacité attendue des mesures à prendre, une étude technique (ET) doit être menée.

L'ET définit précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu de leur implantation, ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance (article 19 de l'arrêté du 4 octobre 2010).

De plus, une notice de vérification et de maintenance est rédigée lors de l'étude technique.

Les structures à protéger

Les structures à protéger sont celles identifiées par l'ARF. Dans le cadre de l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010, il n'y a pas d'obligation à protéger des structures ou des équipements pour lesquels le besoin n'est pas défini dans l'ARF.

Si lors de l'ET, il s'avère qu'une protection non prévue soit nécessaire pour répondre aux exigences de l'arrêté, l'ARF doit être révisée.

Lorsque des protections non obligatoires sont mises en place pour raison économique (réduction du coût des agressions de la foudre), il n'est pas indispensable de réviser l'ARF.

Les méthodes

Les normes de protection

La norme *NF EN 62305-2* précise que les mesures de protection ne doivent être considérées comme fiables que si elles satisfont aux exigences des normes applicables :

- *NF EN 62305-3* pour la protection, afin de réduire les blessures aux êtres vivants et les dommages physiques dans une structure ;
- *NF EN 62305-4* pour la protection contre les défaillances des réseaux internes.

Il faut considérer que les normes européennes de la série *EN 62305* proposent des solutions aussi fiables.

Bien que la norme française *NF C 17-102* ne soit pas citée dans l'arrêté, la circulaire du 24 avril indique qu'un paratonnerre à dispositif d'amorçage peut être utilisé comme dispositif de capture. Lorsque l'on retient un rayon de protection du PDA supérieur à une tige simple, le coefficient de sécurité qui réduit le rayon de 40% doit être appliqué dans tous les cas.

En fonction de leur utilisation, les **composants de protection** contre la foudre doivent être conformes à la série des normes *NF EN 50164* : « composants de protection contre la foudre (CPF) » :

- *NF EN 50164-1* Composants de protection contre la foudre Partie 1 : prescriptions pour les composants de connexion
- *NF EN 50164-2* Composants de protection contre la foudre Partie 2 : caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre
- *NF EN 50164-3* Composants de protection contre la foudre Partie 3 : prescriptions pour les éclateurs d'isolement
- *NF EN 50164-4* Composants de protection contre la foudre Partie 4 : prescrip-

Étude technique

Les méthodes

⁽⁹⁾Structure avec dispositif de capture de niveau I et avec armatures continues en métal ou en béton armé agissant comme descentes naturelles

⁽¹⁰⁾Structure avec toiture métallique ou avec dispositif de capture, possibilité d'inclure des composants naturels, assurant une protection complète des matériels sur le toit contre les coups de foudre directs, et armatures continues en métal ou en béton armé agissant comme descentes naturelles

⁽¹¹⁾Seule une protection coordonnée par parafoudre est adaptée comme mesure de protection pour réduire PSPB. Une telle protection est efficace si la structure est protégée par SPF ou si les structures présentent des armatures en béton armé continues agissant comme descentes naturelles, y compris lorsque les équipotentialités et la mise à la terre satisfont à la NF EN 62305-3

⁽¹²⁾Lorsque les réseaux électriques internes connectés aux lignes extérieures présentent une immunité aux rayonnements (blindage électromagnétique), l'utilisation de parafoudres coordonnés n'est pas indispensable.

tions pour les composants de fixation

- *NF EN 50164-5* Composants de protection contre la foudre Partie 5 : prescriptions pour les électrodes de terre
- *NF EN 50164-6* Composants de protection contre la foudre Partie 6 : prescriptions pour les compteurs de coups de foudre
- *NF EN 50164-7* Composants de protection contre la foudre Partie 7 : prescriptions pour les enrichisseurs de terre

Les **parafoudres** sont conformes à la série des normes *NF EN 61643*.

- *NF EN 61643-11* Parafoudres basse-tension Partie 11 : parafoudres connectés aux systèmes de distribution - basse tension - prescriptions et essais
- *NF EN 61643-21* Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais.

Les moyens de prévention

En complément des systèmes de protection, des moyens de prévention tels que des **matériels de détection** d'orage (conformes à la norme *NF EN 50536*) ou un **service d'alerte** d'activité orageuse peuvent être définis. Les moyens de prévention sont intégrés dans les procédures d'exploitation de l'installation.

Les systèmes de protection foudre

Ce paragraphe reprend quelques recommandations de la norme *NF EN 62305-3*. Il a pour objectif de montrer quelques mesures qui illustrent ce qu'est une protection contre la foudre.

Les caractéristiques d'un système de protection foudre (SPF) sont déterminées par les caractéristiques de la structure à protéger et par les niveaux de protection à prendre en compte.

Quatre types de SPF (I à IV) sont définis, qui correspondent aux niveaux de protection définis dans la norme *NF EN 62305-1*.

Niveau de protection issu de l'ARF	Types de SPF	Efficacité de la protection	Probabilité PB de défaillance du SPF	Probabilité PSPD de défaillance des réseaux internes voir ⁽¹¹⁾ et ⁽¹²⁾
IV	IV	80 %	0,2	0,03
III	III	90 %	0,1	0,03
II	II	95 %	0,05	0,02
I	I	98 %	0,02	0,01
I+	I ⁽⁹⁾	99 %	0,01	0,005
I++	I ⁽¹⁰⁾	99,9 %	0,001	0,001

Tableau 15 : correspondance entre les niveaux de protection et les types de SPF

Les paragraphes ci-après présentent les principaux éléments à prendre en compte lors de la définition d'un système de protection contre la foudre.

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

Les paramètres de la foudre et le rayon de la sphère fictive

Niveau de protection issu de l'ARF	Courant crête maximal ($I_{c_{max}}$)	Courant crête minimal ($I_{c_{min}}$)	Rayon de la sphère fictive (r)
IV	100 kA	16 kA	60 m
III	100 kA	10 kA	45 m
II	150 kA	5 kA	30 m
I	200 kA	3 kA	20 m

Tableau 16 : valeurs des courants crêtes de la foudre

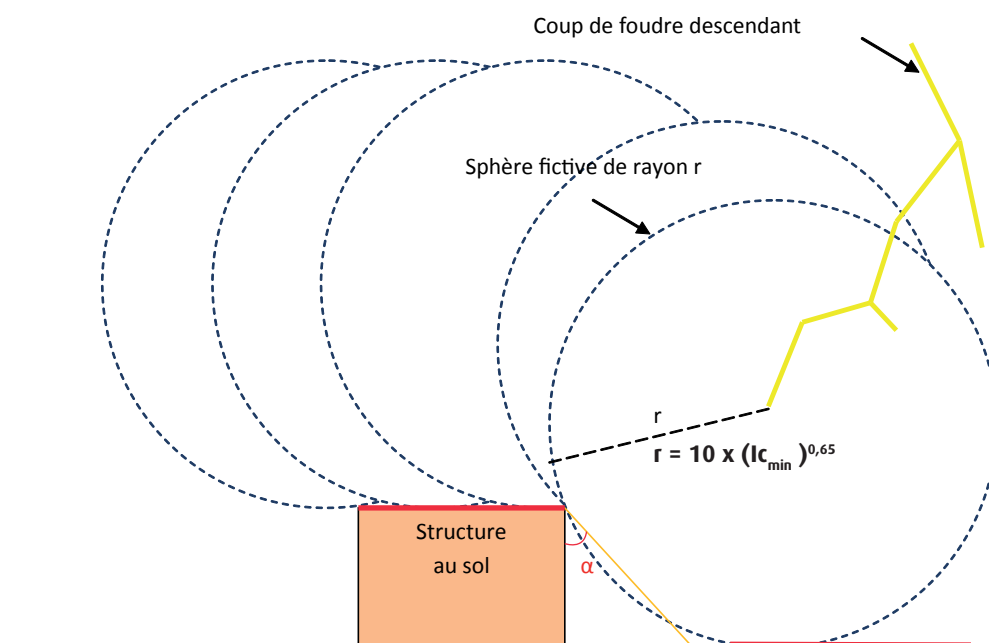


Figure 14 : Sphère fictive

En représentant la sphère fictive de rayon r sur un plan de la structure en élévation, les points de contact de la sphère avec le sol ou avec les objets au sol sont les points préférentiels d'impact de la foudre (lieux des points représentés par la ligne rouge sur la figure ci-dessus).

Taille des mailles et angle de protection, les distances typiques entre les conducteurs de descente et entre les conducteurs de ceinturage

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

Tableau 17 : taille des mailles

Remarque

La valeur de α est indiquée à la Figure 16.

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

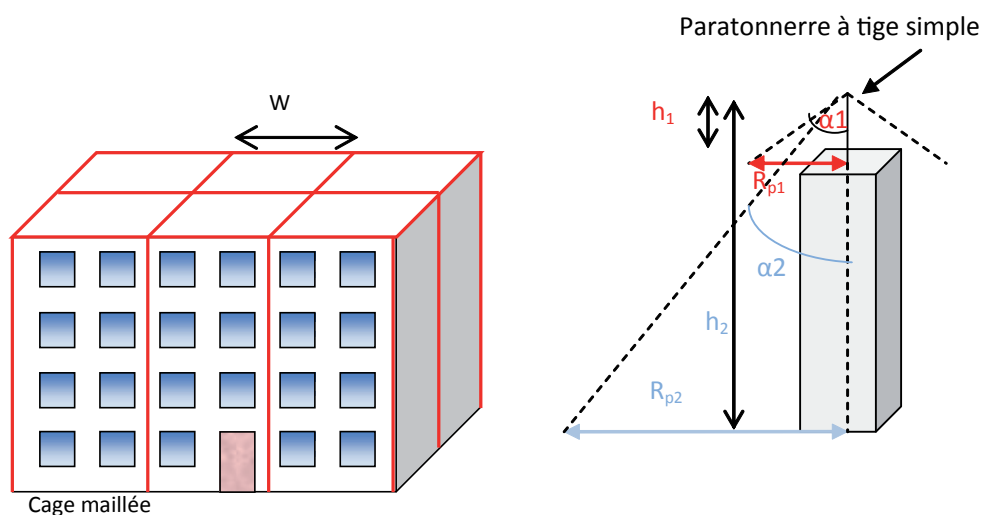


Fig 15 : exemple de SPF de niveau II : cage maillée et paratonnerre à tige simple

$$Rp1 = h1 \operatorname{tg} \alpha1 = 3 \operatorname{tg} 70^\circ = 8 \text{ m}$$

$$Rp2 = h2 \operatorname{tg} \alpha2 = 18 \operatorname{tg} 40^\circ = 15 \text{ m}$$

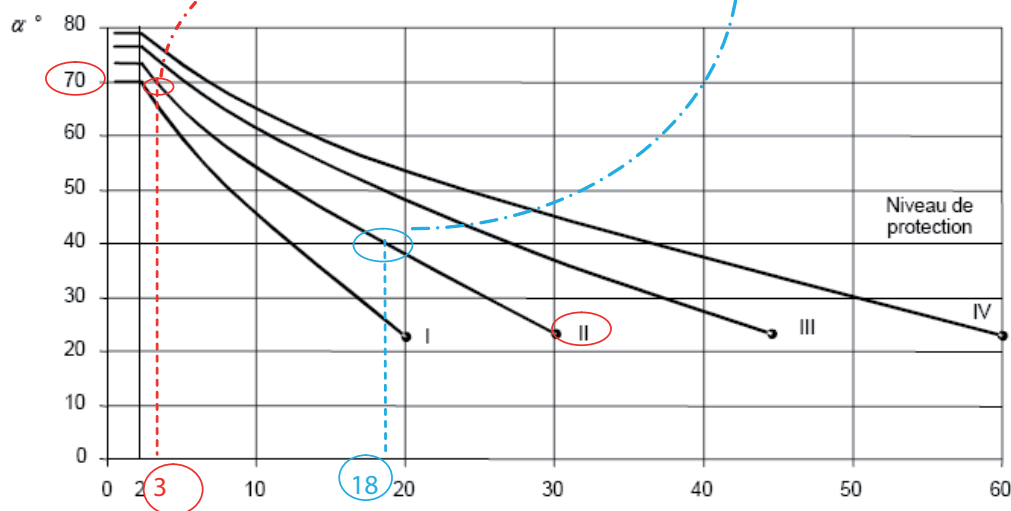


Fig 16 : valeurs de l'angle de protection

Distances de séparation pour éviter les étincelles dangereuses

L'**isolation électrique** entre, d'une part le dispositif de capture ou les conducteurs de descente et d'autre part les parties métalliques reliées à la terre de la structure, peut être réalisée par une **distance entre les parties plus grande que la distance de séparation s**.

$$s = ((ki \times kc) / km) \times L$$

où **ki** dépend du niveau de protection ;

kc dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente ;

km 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.

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

Niveau de protection issu de l'ARF	ki
IV	0,04
III	0,04
II	0,06
I	0,08

Nombre de conducteur de descente (n)	kc
1	1
2	1 à 0,5
3	1 à 0,33
4 et plus	1 à 1/n

Matériau	km
Air	1
Béton	0,5

Tableau 18 : valeurs de ki, kc et km pour le calcul de la distance de séparation

Voici un exemple de calcul des distances de séparation sur un cas concret :

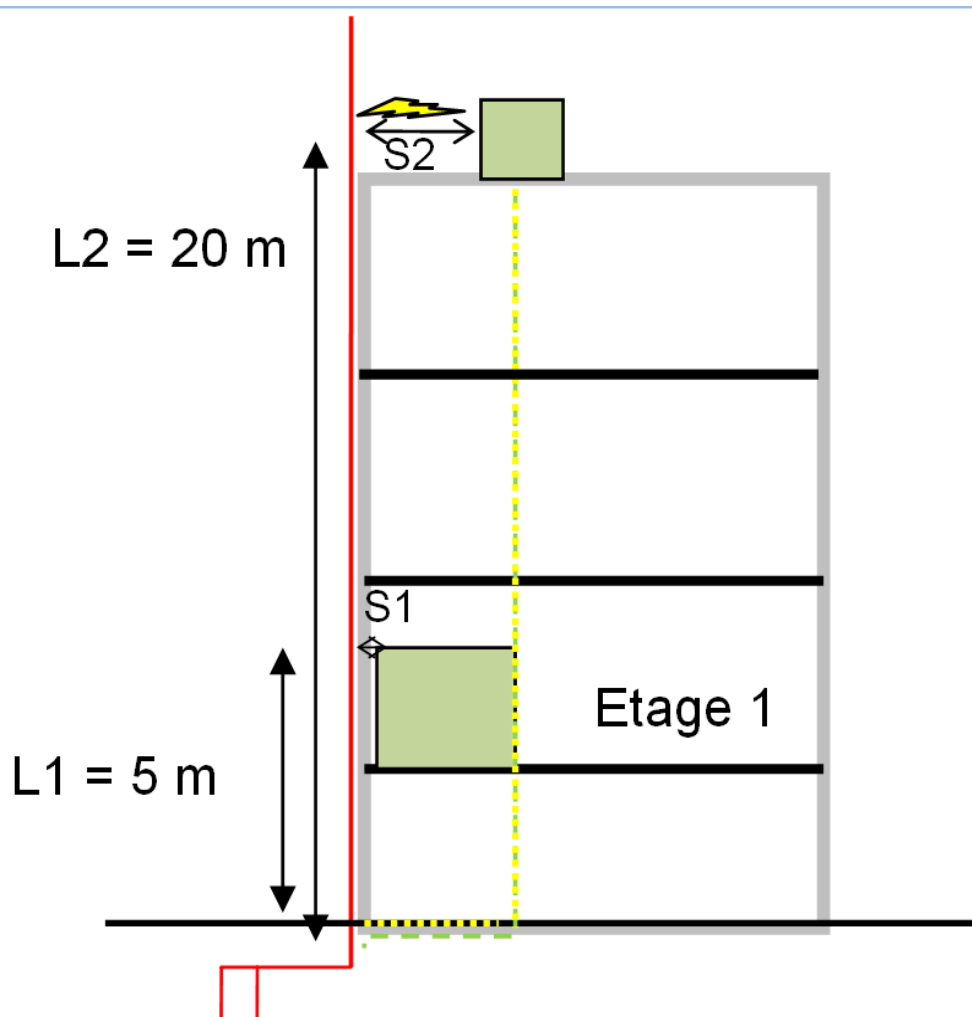


Fig17 : Illustration du calcul de distances de séparation (niveau de protection II)

$$s1 = ((0,06 \times 1) / 0,5) \times 5 = 0,6 \text{ m}$$

A l'étage 1, il y a un risque d'étincelage entre le conducteur de descente du paratonnerre et le matériel métallique (relié à la terre électrique) derrière un mur en brique de 20 cm.

$$s2 = ((0,06 \times 1) / 1) \times 20 = 1,2 \text{ m}$$

En terrasse, il n'y a un risque d'étincelage entre le conducteur de descente du paratonnerre et le matériel métallique (relié à la terre électrique) que si ce dernier est à moins de 1,2 m.

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

Longueurs minimales des prises de terre

Pour les prises de terre, deux dispositions de prise de terre sont utilisées :

- **La disposition A** comporte des électrodes de terre horizontales ou verticales, installées à l'extérieur de la structure à protéger, connectées à chacune des descentes. La longueur minimale de chaque électrode de terre est de $L1$ lorsque l'électrode est horizontale ou de $0,5 \times L1$ lorsqu'elle est verticale ou inclinée.

Le nombre minimal d'électrodes de terre doit être de **deux**.

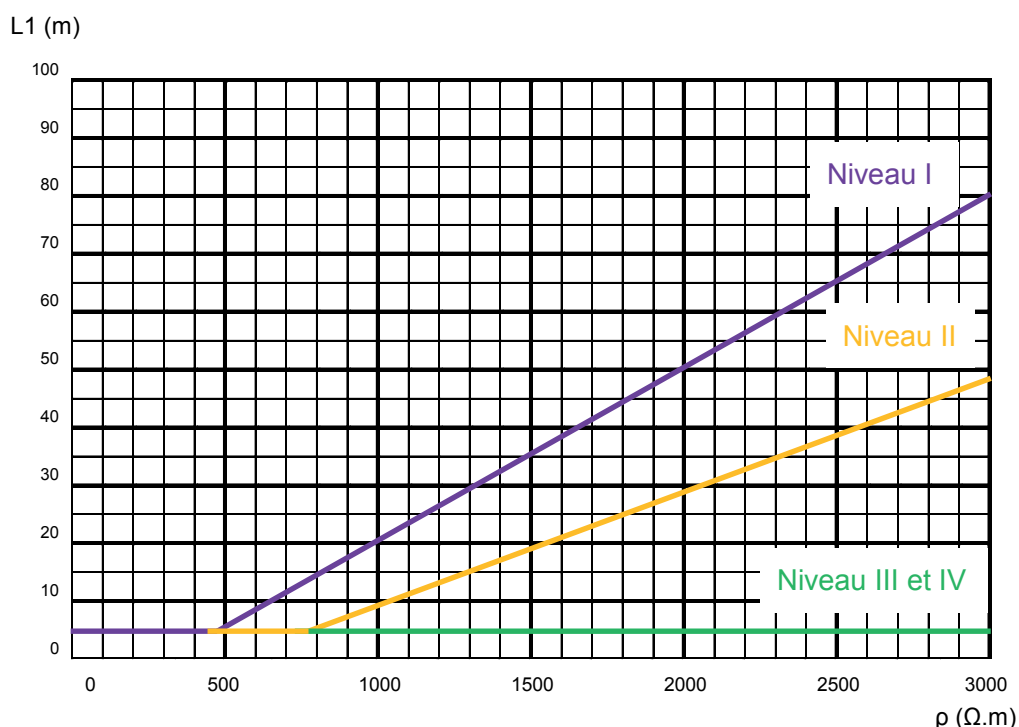


Fig 18 : longueur minimale $L1$ de chaque prise de terre, en fonction des niveaux de SPF et de la résistivité du sol

Les **longueurs minimales** de chaque électrode ($L1$) telles qu'indiquées à la figure ci-dessus peuvent ne pas être considérées, si la valeur de **résistance** de la prise de terre est **inférieure à 10 ohms**. Il n'y a pas de valeur de résistivité maximale pour une prise de terre à condition de respecter les longueurs minimales d'électrodes.

- **La disposition B** comporte, soit une **boucle extérieure** à la structure à protéger, en contact avec le sol sur au moins 80 % de sa longueur, soit une **boucle à fond de fouille**. Ces prises de terre peuvent aussi être maillées.

Pour une prise de terre en boucle (ou une prise de terre à fond de fouille), le rayon géométrique moyen re de la surface intéressée par la prise de terre ne doit pas être inférieur à la valeur de $L1$ (voir figure page précédente):

$$re > L1$$

Lorsque la valeur prescrite de $L1$ est supérieure à la valeur appropriée de re , des conducteurs radiaux ou verticaux (ou inclinés) supplémentaires doivent être rajoutés ; les longueurs Lr (horizontale) et Lv (verticale) sont obtenues à l'aide des formules suivantes:

$$Lr = L1 - re$$

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

$$L_v = (L_1 - r_e) / 2$$

Dans la roche vive nue, seule la disposition B est recommandée.

Pour des structures avec **systèmes électroniques** ou à **risque d'incendie élevé** (voir **Tableau 14** p52), **une disposition B** est préférée.

Les armatures d'acier interconnectées du béton ou d'autres structures métalliques souterraines **peuvent être utilisées comme prises de terre naturelles**, sous réserve de respecter les sections indiquées dans la norme **NF EN 62305-3** (exemples 50 mm² de cuivre ou 75 mm² d'acier).

Liaisons équipotentielle de foudre

L'équipotentialité est réalisée par l'interconnexion de l'installation extérieure de protection contre la foudre avec :

- l'**ossature métallique** de la structure,
- les **installations métalliques**,
- les **systèmes intérieurs**,
- les **éléments conducteurs extérieurs** et les lignes connectées à la structure.

Les moyens d'interconnexion peuvent être :

- les **conducteurs d'équipotentialité**, si une continuité naturelle n'est pas obtenue ;
- les **parafoudres**, si les conducteurs d'équipotentialité ne sont pas réalisables.

Les parafoudres doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Parafoudre de **type 1** (caractérisé par une onde de courant 10/350 µs) recommandé par la norme **NF C 15-100** lorsque la structure comprend un SPF;

- Courant $I_{imp} = k_c \times I_{c_{max}}$

(pour k_c voir **Tableau 18** page 61 et pour $I_{c_{max}}$ voir **Tableau 16** page 59)

La valeur de courant I_{imp} est canalisée vers la prise de terre par plusieurs parafoudres (plusieurs pôles sont protégés)

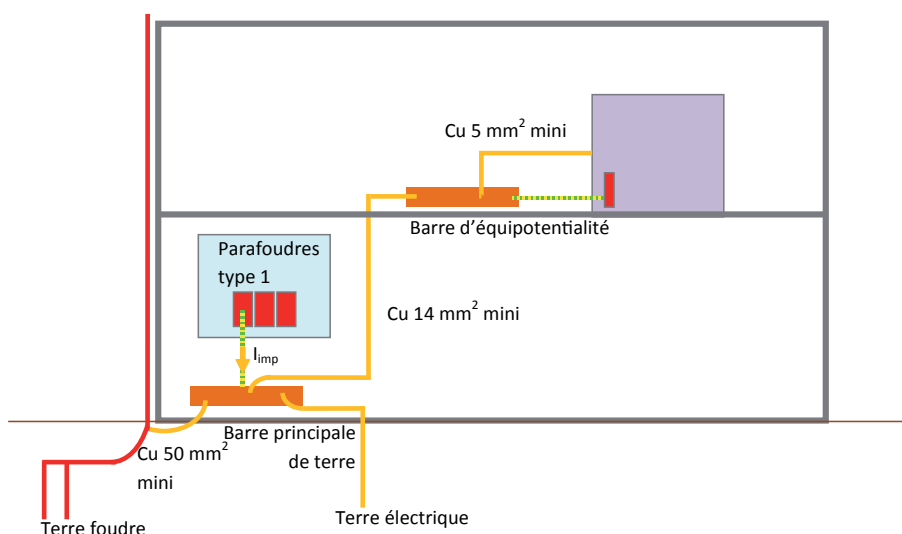


Figure 19 : mise à la terre des installations intérieures

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

Composant de mise à la terre		Matériau	Section
Bornes de terre		Cu, Fe	50 mm ²
Conducteurs de connexion depuis les bornes de terre au système de terre ou entre les autres bornes de terre		Cu Al Fe	14 mm ² 22 mm ² 50 mm ²
Conducteurs de connexion depuis les installations internes métalliques et les bornes de terre		Cu Al Fe	5 mm ² 8 mm ² 16 mm ²
Conducteurs de connexion des parafoudres	Type 1	Cu	5 mm ²
	Type 2	Cu	3 mm ²
	Type 3	Cu	1 mm ²

Tableau 19 : section des conducteurs d'équipotentialité

Protection par parafoudre

La protection par parafoudre comprend les étapes suivantes :

- ❑ choisir d'installer un parafoudre **type 1** (en présence de paratonnerre, sinon un type 2 peut être suffisant) à l'entrée du réseau dans la structure (à la frontière de la ZPF 1, voir **Figure 20** page 71). Dès que l'ARF montre qu'une protection est nécessaire, un parafoudre de type 1 est systématiquement utilisé.
- ❑ Déterminer la **tenue aux chocs** U_w des réseaux internes à protéger.
- ❑ Choisir un **niveau de protection** U_{p1} du parafoudre type 1 pour assurer la protection $U_p \leq U_w$.
- ❑ Vérifier les exigences pour les **distances de protection** L_{p0} et L_{p1} (voir page 73).

Si les deux dernières conditions sont satisfaites, le matériel est protégé par le parafoudre. Dans les autres cas, un(des) parafoudre(s) type 2 complémentaire(s) est(sont) nécessaire(s).

- ❑ A proximité du matériel (frontière de la ZPF 2, voir **Figure 20** p71), installer le parafoudre type 2 **coordonné en énergie** avec le parafoudre type 1 en amont.
- ❑ Choisir un niveau de protection U_{p2} du parafoudre type 2 pour assurer la protection $U_p \leq U_w$.
- ❑ Vérifier les exigences pour les distances de protection L_{p0} et L_{p2} .

Si les deux dernières conditions sont satisfaites, le matériel est protégé par les parafoudres coordonnés type 1 et type 2.

Épaisseur minimale des tôles et des canalisations des dispositifs de capture

Des parties de structures peuvent être considérées comme dispositifs de capture « naturels » et constituer des parties du SPF. Elles doivent cependant répondre à certaines conditions décrites dans la norme **NF EN 62305-3 (§5.2.5)**. Ces parties peuvent être :

- ❑ les **tôles métalliques** (brasées, soudées, serties, vissées ou boulonnées) d'épaisseur suffisantes recouvrant la structure à protéger (acier 4 mm, ou 0,5 mm s'il n'est pas nécessaire de protéger contre les problèmes de perforation, de point chaud ou d'inflammation) ;
- ❑ les éléments métalliques de **construction du toit** (fermes, armatures d'acier interconnectées recouverts de matériaux non métalliques) ;

Étude technique

Les systèmes de protection foudre

Important !

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

- ❑ les parties métalliques du type **gouttières, décorations, rambardes** ;
- ❑ les **tuyaux et réservoirs métalliques** sur la toiture ;
- ❑ les tuyaux et réservoirs métalliques de mélanges combustibles et explosifs.

Matériaux des SPF et les conditions d'utilisation

Les éléments suivants de la structure peuvent être considérés comme des descentes « naturelles » :

- ❑ les **installations métalliques** dont la continuité électrique entre les différents éléments est réalisée de façon durable et de section suffisante (les installations métalliques peuvent être revêtues de matériau isolant) ;
- ❑ l'**ossature métallique** de la structure présentant une continuité électrique ;
- ❑ les **armatures armées** en acier interconnectées de la structure en béton ;
- ❑ les **éléments de façade**, profilés et supports des façades métalliques d'épaisseur au moins égale à 0,5 mm et de section suffisante (la continuité électrique dans le sens vertical doit être conforme aux exigences de § 5.5.2).

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

Tableau 20 : exemples de matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente (extrait de la norme NF EN 62305-3)

Matériau	Configuration	Dimensions minimales	
		Électrode de terre	Conducteur de terre
Cuivre	Torsadé, rond plein, plaquer pleine (épaisseur min. 2 mm)		50 mm ²
	Rond plein	ø15 mm	
	Tuyau (épaisseur 2 mm)	ø20 mm	
Acier	Rond plein galvanisé	ø 16 mm	ø 10 mm
	Tube galvanisé	ø 25 mm	
Acier inoxydable	Rond plein	ø 15 mm	ø 10 mm

Tableau 21 : exemples de matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre (extrait de la norme NF EN 62305-3)

Étude technique

La présentation des résultats de l'ET

Note

Les distances de séparation permettent de déterminer les lieux où des étincelages peuvent se produire (entre un élément conducteur du courant de foudre et un élément métallique relié à la terre de la structure).

L'étincelage est à prendre en considération en fonction de la présence de substances inflammables ou explosibles, de zones ATEX, ou d'équipements électriques.

La présentation des résultats de l'ET

La circulaire du 24 avril 2008 précise que l'ET identifie (extrait de la circulaire) :

- le **type** (cage maillée, paratonnerre à tige, composant naturel de protection...) et les **caractéristiques** du système de protection contre les chocs de foudre directs ainsi que son **positionnement** (y compris le positionnement des conducteurs de descente et des prises de terre) ;
- les **liaisons d'équipotentialité** à mettre en place entre le système de protection foudre et les lignes et canalisations conductrices ;
- le nombre, la localisation, les caractéristiques et le dimensionnement en courant des **parafoudres** à mettre en place ;
- les moyens de protection **complémentaires** (blindage de câble, blindage de locaux, cheminement des câbles...).

Les protections sont définies en conformité aux normes *NF EN 62305-3* et *NF EN 62305-4*.

Les parafoudres sont conformes à la série des normes *NF EN 61643*.

En complément des systèmes de protection, des moyens de prévention tels que des matériels de détection d'orage ou un service d'alerte d'activité orageuse peuvent être définis.

Les moyens de prévention sont intégrés dans les procédures d'exploitation de l'installation.

Les points importants qui montrent que l'ET est pertinente sont :

- l'ET rappelle les **objectifs** fixés par l'ARF (la liste des structures et des équipements à protéger avec le niveau de protection associé) ;
- la recherche de l'**optimisation** de la protection en prenant en compte les éléments naturels éventuellement présents dans la définition des protections et le coût de **maintenance** et de **vérification** des protections ;
- le calcul des **distances de sécurité** à chaque niveau (étage) de la structure ;
- le calcul des **caractéristiques des parafoudres** (en tension et en courant) ;
- la réalisation d'un **cahier des charges** suffisamment précis pour une consultation des sociétés d'installation de protection.

Le fait que le rédacteur et le vérificateur de l'ET disposent d'une **attestation individuelle de compétence** (et, par conséquent, que cela soit explicitement indiqué dans le document) est un indice qui montre que l'organisme compétent en charge de l'ET met à disposition de l'exploitant les ressources nécessaires à une bonne réalisation de la mission (voir les exigences vis-à-vis des responsables des missions en *annexe 2*).

Il se peut que la mission confiée à l'organisme compétent consiste en une ET sur l'ensemble des installations du site industriel. Il peut s'agir d'une volonté de protéger l'outil de production, de garantir une continuité de service ou encore de limiter le coût de l'agression de la foudre.

Il arrive également que, par manque d'information sur les exigences de l'arrêté du 4 octobre 2010, l'exploitant pense que l'ensemble des bâtiments du site industriel doit faire l'objet d'un calcul selon la norme *NF EN 62305-2*. Il appartient au responsable de la mission d'ARF d'informer l'exploitant des exigences réglementaires.

Étude technique

La notice de vérification et de maintenance

La notice de vérification et de maintenance

La notice de vérification et de maintenance est indispensable pour réaliser les vérifications (initiale et périodique). La norme *NF EN 62305-4* précise qu'un guide de vérification doit contenir suffisamment d'informations pour aider le vérificateur dans sa tâche, de manière qu'il puisse documenter tous les aspects de l'installation et des composants, les méthodes de mesures et l'enregistrement des résultats.

Le rôle de la notice est de préciser au vérificateur les **informations nécessaires** à sa mission : quelles sont les protections à vérifier ? où sont elles localisées ? faut-il un équipement particulier pour réaliser la vérification (indispensable pour la vérification de certains paratonnerres) ?

La notice comprend au minimum trois parties :

- la **liste des protections** contre la foudre. Elle reprend de manière exhaustive les mesures de protection définies dans l'étude technique, y compris les liaisons d'équipotentialité ;
- la **localisation des protections** (les protections sont repérées sur un plan tenu à jour) ;
- les **notices de vérification** des différents types de protection. Elles indiquent :
 - les *méthodes* de vérification des différents types de protections ;
 - les *équipements particuliers* éventuellement nécessaires pour procéder à la vérification ;
 - les *critères de conformité* des protections par rapport aux normes à appliquer ou à défaut, des indications du fabricant de la protection.

Les notices peuvent préciser les informations complémentaires comme les conditions particulières d'accès aux protections (accès limité dans les zones dangereuses). Elles proposent parfois des fiches de vérifications pré-remplies qui permettent un diagnostic rapide et clair de l'état de la protection.

La notice de vérification et de maintenance est généralement rédigée lors de l'étude technique. elle peut être complétée après l'installation des protections si des vérifications sont spécifiques à certaines protections (exemple : équipement de test spécifique pour un parafoudre ou un paratonnerre).

Installation du système de protection contre la foudre (SPF)

69 Les objectifs de l'installation du SPF

69 Les moyens à mettre en œuvre

69 rôle de l'installateur

69 protection des structures

71 Protection des équipements

71 réduction de l'impulsion électromagnétique foudre

72 parafoudres coordonnés

Installation du SPF

Les objectifs

Note

Les règles d'installation d'un SPF sont définies dans les normes EN 62305, sauf pour les paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA), pour lesquels la norme est la NF C 17-102.

Les objectifs de l'installation du SPF

L'objectif principal de l'installation du Système de Protection contre la Foudre (SPF) est de mettre en place une **protection globale** contre la foudre de façon à réduire le risque pour la structure protégée à un niveau fixé par l'ARF.

Pour cela, il convient d'installer conformément aux normes les protections définies dans l'ET.

Un autre objectif de l'installation est de garantir le **bon fonctionnement de la protection**. En effet, l'efficacité des protections contre la foudre est liée pour une partie importante à la bonne installation des produits. Ainsi, la longueur, le cheminement, et l'environnement immédiat des câbles de connexion des produits interviennent dans l'efficacité de la protection.

C'est pourquoi la norme *NF C 62305-3* précise que pour être un concepteur/installateur spécialisé, il est nécessaire de connaître les normes et d'avoir plusieurs années d'expérience. Pour s'en assurer, l'arrêté du 4 octobre 2010 impose que l'installateur doit être reconnu compétent (voir « la qualification des acteurs de la protection » p34).

Les moyens à mettre en œuvre

Rôle de l'installateur

Il y a quelques années, de nombreux installateurs de protection contre la foudre étaient spécialisés dans l'installation de paratonnerre sur les toitures ou de parafoudres dans les armoires électriques. Avec l'approche globale de la protection, les installateurs proposent désormais systématiquement la protection complète telle qu'elle est définie dans l'ET.

Avec une ET suffisamment précise, il n'y a pas de variante proposée par l'installateur. Il se peut qu'une installation ne puisse être réalisée selon l'ET (impossibilité de réaliser une prise de terre à l'endroit indiqué, modification du cheminement pour optimiser les distances de séparation...).

Lorsque des modifications importantes sont proposées par l'installateur (modification du nombre de descente ou du lieu du dispositif de capture par exemple), l'ET doit être révisée.

La norme *NF EN 62305-3* précise que les fonctions de concepteur/installateur de SPF peuvent être cumulées par la même personne.

Dans tous les cas, **il ne faut jamais réaliser l'étape d'installation à partir d'une ARF sans ET**. Il ne serait alors pas possible de vérifier que la protection réduit le risque au niveau attendu. Il faut retenir que si l'ARF retient les protections existantes, ces dernières doivent être conformes aux normes *NF EN 62305-3* et *NF EN 62305-4* comme l'exige la norme *NF EN 62305-2* (voir la note de la *Figure 12*).

Protection des structures

Les normes *NF EN 62305-3* et *4* contiennent de nombreuses annexes illustrées qui décrivent précisément les dispositions possibles pour l'installation des protections. Ce paragraphe se focalise sur les modalités d'installation qui diffèrent par rapport à ce qui était décrit dans la norme *NF C 17-100* aujourd'hui abandonnée pour les installations nouvelles.

Installation du SPF

Les moyens à mettre en oeuvre

Note

Lorsque des conditions d'environnement le justifient (force du vent par exemple), le nombre de fixations peut être différent de celui indiqué dans le tableau ci-contre. Dans ce cas, une note de calcul doit le justifier.

En France, des conducteurs en brins ne peuvent pas être utilisés comme conducteurs de descente.

Les points qui **diffèrent** par rapport aux règles de l'art habituelles avant la parution des normes européennes sont :

□ Les paratonnerres

Les paratonnerres à sources radioactives doivent être déposés avant le 1^{er} janvier 2012. En application de l'article L.1333-4 du Code de la santé publique et de l'article 3-6-g de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, c'est l'**Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)** qui délivre l'autorisation d'effectuer la dépose, le démontage et le conditionnement en fût de paratonnerres radioactifs et d'entreposer des paratonnerres radioactifs en vue de leur mise au rebut.

Si des paratonnerres à dispositif d'amorçage sont utilisés comme dispositif de capture, le rayon de protection maximal qui peut être retenu est celui calculé selon la norme *NF C 17-102* de septembre 2011, réduit de 40% dans tous les cas.

□ Les conducteurs de descente

Disposition	Points de fixation pour conducteurs torsadés ou ruban	Points de fixation pour conducteurs pleins
Conducteurs horizontaux sur surfaces horizontales ou verticales	50 cm	1 m
Conducteurs verticaux du sol jusqu'à 20 m	1 m	1 m
Conducteurs verticaux au-dessus de 20 m	50 cm	1 m

Tableau 22 : distances entre les fixations des descentes

□ Mesures de protection contre les lésions d'êtres humains

A l'extérieur de la structure, à proximité des conducteurs de descente, dans des conditions particulières, la tension de contact et la tension de pas peuvent être dangereuses.

En partie basse des conducteurs de descente, la protection mécanique (métallique) sur une hauteur de 2 m sous le joint de contrôle n'est pas indispensable. Il est cependant nécessaire de garantir la sécurité des personnes en limitant la tension de toucher et la tension de pas.

Afin de réduire ces risques, les mesures suivantes peuvent être adoptées :

- la *probabilité pour que les personnes s'approchent* et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible ;
- les conducteurs naturels de descente sont constitués de *plusieurs colonnes* de la structure métallique de la structure ou de *plusieurs poteaux en acier interconnectés*, assurant leur continuité électrique (pour limiter la tension de contact) ;
- la *résistivité de la couche de surface du sol*, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 k Ω .m (5 cm d'asphalte ou 15 cm de gravier).

Installation du SPF

Les moyens à mettre en oeuvre

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises telles que :

- contre les lésions d'êtres vivants en raison des *tensions de contact* :
 - isolation des conducteurs de descente assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 s, par exemple par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé ;
 - restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente.
- contre les lésions d'êtres vivants en raison des *tensions de pas* :
 - équipotentialité au moyen d'un réseau de terre maillé ;
 - restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

□ Les prises de terre

La configuration des prises de terre en patte d'oie (une des configurations de la disposition A, voir page 62) n'est pas décrite dans la norme *NF EN 62305-3*. Les nouvelles configurations sont parfois moins contraignantes. En effet, la valeur de 10 ohms *n'est plus une limite haute à ne pas dépasser*, il faut alors garantir des longueurs d'électrodes dans le sol comme défini au chapitre « longueur minimale des prises de terre » p62.

L'interconnexion au sol des prises de terre de disposition A est souhaitable mais non indispensable pour être en conformité à la norme *NF EN 62305 3*.

Protection des équipements

Réduction de l'impulsion électromagnétique foudre

Les réseaux de puissance et de communication sont mis en danger par l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF). C'est pourquoi des mesures de protection contre l'IEMF doivent être prévues pour éviter des défaillances des réseaux internes.

La protection contre l'IEMF se fonde sur le concept de zone de protection contre la foudre (ZPF). Ces zones sont théoriquement des volumes spécifiés de sévérités IEMF compatibles avec leur niveau d'immunité.

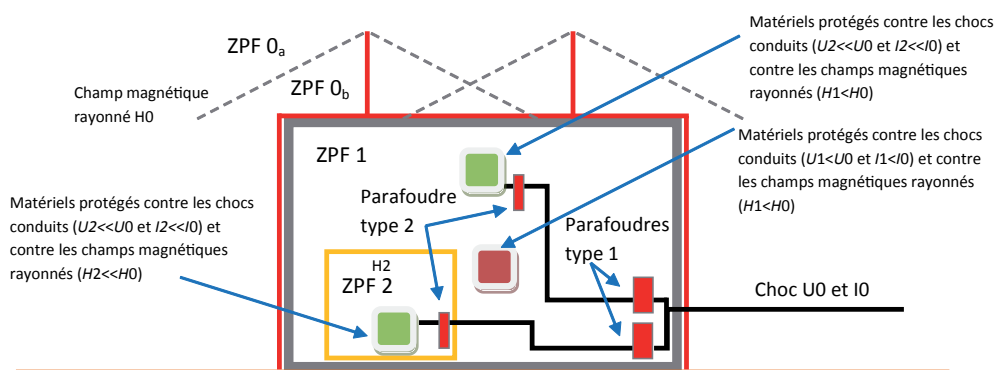


Figure 20 : écrans spatiaux et une protection coordonnée par parafoudres

ZPF 0A Zone mise en danger par des coups de foudre directs par des chocs sous le courant plein ou partiel de foudre et par le champ magnétique total de foudre

Installation du SPF

Protection des équipements

ZPF 0B Zone protégée contre les coups de foudre directs. Zone mise en danger par des coups de foudre directs par des chocs sous le courant partiel de foudre et par le champ magnétique total de foudre

ZPF 1 Zone où les chocs sont limités par le partage du courant et par des parafoudres aux frontières. Le champ électromagnétique de foudre peut être atténué par un écran spatial

ZPF2...n Zone où les chocs peuvent être très limités par le partage du courant et par des parafoudres aux frontières. Le champ électromagnétique de foudre est généralement atténué par un écran spatial additionnel

Lorsqu'une ZPF est définie, **une équipotentialité des parties métalliques et des services** (canalisations métalliques, réseaux de puissance et de communication) **doit être réalisée en pénétrant la frontière de la ZPF.**

Les câbles écrantés ou les conduits métalliques, mis à la terre à chaque extrémité de la ZPF, peuvent être utilisés pour l'interconnexion de plusieurs ZPF proches de même niveau ou pour étendre une ZPF.

Les parafoudres d'équipotentialité (type 1) sont toujours prescrits au point d'entrée dans la ZPF afin de connecter les lignes des réseaux internes entrants dans la ZPF. Le nombre de parafoudres peut être réduit en utilisant des ZPF interconnectées ou étendues.

Les parafoudres coordonnés réduisent les effets des chocs extérieurs et internes. **Il est recommandé que la mise à la terre et les équipotentialités soient toujours assurées**, particulièrement pour les services entrants conducteurs directement ou indirectement par parafoudres au point de pénétration.

Il faut retenir qu'une équipotentialité par parafoudre de type 1 ne protégera que contre l'étincelage, limitant ainsi le risque d'amorçage et donc d'incendie dans les armoires électriques. La protection des réseaux internes contre les chocs nécessite une protection coordonnée par parafoudres (type 1 puis type 2).

Parafoudres coordonnés

Si deux ou plusieurs parafoudres sont installés en cascade dans le même circuit, ils doivent être coordonnés énergétiquement afin que les contraintes soient partagées en fonction de leur aptitude d'absorption de l'énergie.

Pour une coordination efficace, les caractéristiques individuelles des parafoudres (telles que données par le constructeur), la menace à leur emplacement et les caractéristiques des matériels à protéger doivent être prises en compte.

Il convient que le niveau de protection contre les chocs U_w des matériels soit défini :

- pour les réseaux de puissance et leurs matériels, selon la *CEI 60664-1* ;
- pour les réseaux de communication et leurs matériels, selon l'*UIT-T K.20* et l'*UIT-T K.21* ;
- pour les autres réseaux et leurs matériels, selon les informations obtenues auprès des constructeurs.

Un réseau interne est protégé si :

- sa **tenue aux chocs** U_w est supérieure ou égale à son niveau de protection U_p du parafoudre avec une marge nécessaire pour tenir compte de la chute de tension dans des conducteurs de liaison ;
- il est **coordonné en énergie** avec le parafoudre amont.

Installation du SPF

Protection des équipements

L'efficacité des parafoudres coordonnés dépend non seulement d'un choix approprié, mais essentiellement de leur mise en œuvre. Les principaux aspects à considérer sont :

□ l'**emplacement** des parafoudres

Le premier critère à considérer est : plus le parafoudre est **proche du point d'entrée de la ligne**, plus le nombre de matériels protégés par le parafoudre est **élevé** (avantage économique).

Il convient de vérifier ensuite le second critère: **plus le parafoudre est proche du matériel à protéger, meilleure est la protection** (avantage technique).

□ les **conducteurs de connexion**

Les conducteurs de connexion des parafoudres doivent présenter des sections minimales définies dans le **Tableau 19** p64.

□ les **distances de protection (oscillations)**

Si le circuit entre le parafoudre et le matériel est trop long, la propagation des chocs entraîne un phénomène d'oscillations. Dans le cas d'un circuit ouvert aux bornes du matériel, la surtension peut augmenter au niveau des bornes jusqu'à $2 U_p$ et entraîner la défaillance du matériel même si $U_p \leq U_w$ qui a été choisie.

La distance de protection L_{po} est la longueur maximale du circuit (entre le parafoudre et le matériel) pour laquelle la protection est encore efficace (en tenant compte des oscillations et de la charge capacitive).

Ces données dépendent de la technologie du parafoudre, des règles d'installation et des capacités de charge.

Si la longueur du circuit est inférieure à 10 m ou si $U_p < U_w/2$, la distance de protection L_{po} peut être omise.

□ les **distances de protection (induction)**

Dans le cas de coups de foudre directs sur la structure ou sur le sol à proximité de la structure, une surtension induite va s'ajouter à U_p dans la boucle constituée par le parafoudre et le matériel, et donc réduire l'efficacité du parafoudre.

La surtension induite augmente avec les dimensions de la boucle (cheminement, longueur du circuit, distance entre le PE et les conducteurs actifs, surface de boucle entre les lignes électriques et de communication). Cette surtension diminue avec l'atténuation du champ magnétique (écran spatial et/ou de ligne).

La longueur maximale L_{pi} est la distance maximale entre le parafoudre et le matériel, pour laquelle la protection est assurée pour le matériel (en tenant compte du phénomène d'induction).

La règle générale est de **minimiser la boucle entre le parafoudre et le matériel** si le champ magnétique dû à la foudre est trop élevé. Autrement, **le champ magnétique et les effets d'induction peuvent être réduits par :**

- soit un **écran spatial** du bâtiment (ZPF 1) ou des locaux (ZPF 2 et supérieure),
- soit un **réseau écranté** (câbles ou conduits écrantés).

Si ces précautions sont suivies, la distance de protection L_{pi} peut être négligée. Sinon la norme **NF EN 62305-4** propose un calcul plus précis.

Vérfications du SPF

75 Vérifications initiale et périodique

75 Les méthodes

75 vérification visuelle

76 vérification complète

76 Les moyens

77 La présentation des résultats

77 Le carnet de bord du SPF

Vérifications du SPF

Vérifications initiale et périodique

Important !

Un installateur n'est pas autorisé à réaliser la vérification initiale d'une installation qu'il a réalisée.

Vérifications initiale et périodique

L'objectif de la vérification initiale est de s'assurer que l'installation mise en œuvre **est celle décrite dans l'ET** et que les protections sont installées **selon les normes en vigueur**. L'arrêté impose une conformité à la norme *NF EN 62305-3*.

L'objectif des vérifications périodiques est de s'assurer que l'efficacité des protections en place **ne s'est pas dégradée**.

Si des modifications des installations (modification de la structure ou de son utilisation) sont intervenues après la réalisation de l'ARF et de l'ET, le vérificateur doit alors indiquer que le besoin et/ou les moyens de protection ne sont peut-être plus adaptés à la situation actuelle.

Les méthodes

Les normes *NF EN 62305-3* et *NF EN 62305-4* précisent les modalités de vérification des installations de protection contre la foudre.

Le § 4.3 précise les périodicités et le type de vérification à réaliser sur les installations visées par l'arrêté du 4 octobre 2010.

Sous réserve d'être reconnu compétent, un bureau d'étude, un installateur (qui n'a pas réalisé l'installation à vérifier), un organisme de contrôle ou l'exploitant lui-même peuvent vérifier les installations de protection contre la foudre.

Vérification visuelle

La vérification visuelle a pour but de s'assurer que :

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

Vérifications du SPF

Les méthodes

Note

Les paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) doivent être vérifiés selon les modalités définies par le fabricant.

- A l'**intérieur** des structures
 - les connexions sont *serrées* et *aucune rupture* de conducteur ou de jonction n'existe,
 - aucune partie du système n'est *fragilisée* par la corrosion, particulièrement au niveau du sol,
 - les conducteurs de mise à la terre et les écrans de câbles sont *intacts*,
 - il n'existe *pas d'ajouts ou de modifications* nécessitant une protection complémentaire,
 - il n'y a pas de *dommages* de parafoudres et de leur fusible,
 - le *cheminement* des câbles est *maintenu*,
 - les *distances de sécurité* aux écrans spatiaux sont *maintenues*.

Vérification complète

La vérification complète comprend les points à vérifier lors d'une vérification visuelle, complétés par les vérifications suivantes :

- A l'**extérieur** des structures,
 - les *mesures de continuité* des parties non visibles lors de l'inspection initiale et qui ne peuvent être contrôlées par inspection visuelle ultérieurement ,
 - les valeurs de *résistance* de la prise de terre. Il convient d'effectuer des mesures de terre isolées ou associées et d'enregistrer les valeurs dans le rapport de vérification du SPF.
- A l'**intérieur** des structures
 - pour les parties des mises à la terre et des équipotentialités non visibles lors de l'inspection, il convient que des *mesures de continuité* soient effectuées.

Les moyens

La norme *NF EN 62305-3* rappelle que la vérification d'un système de protection doit être menée par un spécialiste (voir « la qualification des acteurs...» p34).

Pour réaliser sa mission, le vérificateur doit avoir à sa disposition :

- la **notice de vérification** et de maintenance,
- le **carnet de bord**,
- les **rapports** des précédentes vérifications.

Il est souhaitable que le vérificateur dispose de la notice de vérification et de maintenance avant son intervention, afin qu'il puisse éventuellement prévoir un équipement de vérification particulier pour vérifier certain produit de protection (dispositif de test des parafoudres, testeur de PDA, mesure de terre en haute fréquence).

Certaines protections requièrent un équipement spécifique pour la vérification de leur bon fonctionnement. C'est le cas en particulier de certains paratonnerres à dispositif d'amorçage.

S'il est nécessaire d'interroger les fabricants à ce sujet lors de la rédaction de la notice de vérification et de maintenance, **il est indispensable que le vérificateur dispose de l'équipement de test adapté lors de la vérification.**

Vérifications du SPF

Les moyens

Il n'est pas acceptable qu'un rapport de vérification mentionne que la vérification d'un produit de protection n'a pu être effectuée faute de moyens de test. **Si la vérification du bon fonctionnement ne peut être réalisée, la protection devra être déclarée inopérante** (non conforme).

La présentation des résultats

Le rapport de vérification du SPF doit comporter les informations suivantes :


- les **conditions générales** des conducteurs de capture et des autres composants de capture ;
- le niveau général de **corrosion** et de la protection contre la corrosion ;
- la **sécurité** des **fixations** des conducteurs et des composants ;
- la **documentation** sur les modifications et les extensions du système et de la structure (les schémas d'installation et de conception doivent alors être revus) ;
- les **résultats des mesures** effectués ;
- l'**état général de protection** des équipements (voir « Protection des équipements » p71) ;
- toute **déviaton** par rapport aux exigences de conception ;
- les **écarts** par rapport aux normes d'installation.

Le carnet de bord du SPF

Le carnet de bord du SPF des installations du site est un document qui rassemble les informations sur les étapes du **cycle de vie** du SPF (*conception, utilisation et démantèlement*). Il permet de s'assurer de la réalisation de l'ensemble des étapes qui assure la cohérence des dispositions prises. Un exemple de carnet de bord est présenté ci-dessous.

IV - VERIFICATIONS PERIODIQUES

DATE	NATURE DE LA VERIFICATION Mesure de continuité, de la résistance des terres Vérification à la suite d'un accident Vérification simplifiée ou complète	RESULTATS DE LA VERIFICATION Indiquer les valeurs obtenues ou les constatations faites Références des rapports	NOM ET QUALITE de la personne qui a effectué la vérification ou N° QUALIFOUDRE
08/03/07	Vérification inst. SPF bât 2	FV N° 0703012	051198325026
10/04/07	Vérification inst. SPF bât 6	FV N° 0704010	051198325026
12/04/07	Vérification inst. parafoudres	FV N° 0704012	051198325026
07/09/07	Vérification après agression	FV N° 07040610	0511987365028
05/02/08	Vérification simplifiée	FV N° 080406022	0511987365028
01/02/09	Vérification simplifiée	FV N° 090406412	0511987365028
09/04/10	Vérification complète	FV N°100406063	0511987365028



INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

CARNET DE BORD

Raison sociale : BRT CHIMIE SAS

Désignation de l'Établissement : Fabrication chimie fine

Adresse de l'Établissement : 118, rue des étangs 69123 MEYZIEU

Adresse du Siège Social : 15, rue du moulin
75016 PARIS cedex

CARNET DE BORD

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Établissement. Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement. Il ne peut sortir de l'Établissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

Modèle QUALIFOUDRE - 07/04 www.qualifoudre.org 1

Vérifications du SPF

Le carnet de bord du SPF

v Renseignements sur l'Etablissement

Nature de l'activité (1): ICPE soumise à autorisation

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
M. BERTOLI	Responsable Environnement	09/09
.....
.....

Modèle QUALIFOUDRE - 0704

2

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUORE

I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA FOUORE

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N° QUALIFOUDRE
20/03/98	Etude préalable	ATFH SA	M. Mawrot
02/06/04	Protection indirecte	ATFH SA	M. Damoulin
10/09/05	ARF	SPFD	051198325036
.....

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

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N° QUALIFOUDRE
26/11/06	Etude Technique lot 1	SPFD	051198325036
12/12/06	Etude Technique lot 2	SPFD	051198325036
20/20/06	Vérification et maintenance	SPFD	051198325036
.....

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

III - INSTALLATION DES PROTECTIONS

DATE DE RECEPTION	INTITULE DU DOCUMENT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N° QUALIFOUDRE
02/02/07	DOE N°061268	MREP	051198325032
03/03/07	PV Ex travaux	MREP	051198325032
.....

Modèle QUALIFOUDRE - 0704 www.qualifoudre.org

3

Figure 21 : exemple de carnet de bord

Conclusion

L'accidentologie vis-à-vis de la foudre présentée au chapitre « analyse d'accidents » p8 montre que les **sources d'agressions** sont **multiples**. Les coups de foudre frappent directement les installations dans plus de la moitié des cas. Cependant, pour 40% des agressions, les lignes électriques et les canalisations métalliques reliées aux installations ont été frappées ; elles conduisent alors la foudre vers les installations.

Plus de 100 accidents sont répertoriés en France depuis une vingtaine d'année. Les **installations électriques** sont très souvent touchées et les exploitants estiment qu'elles représentent **80% des dommages**.

Une première difficulté, dans la réduction du risque lié à la foudre, est liée au caractère aléatoire et difficilement prévisible du phénomène ajouté à la diversité des effets (thermiques, électriques, électrodynamiques...). Le chapitre « description du phénomène » p12 montre que la foudre **se propage de différentes manières**, et que l'intensité du courant peut atteindre des dizaines de milliers d'ampères. De plus, les **effets sont variés** : un coup de foudre est à la fois une source de chaleur ponctuellement très importante et un générateur de perturbations électromagnétiques.

Pour limiter le risque d'accident sur les installations classées, la réglementation française impose aux exploitants une **démarche rigoureuse et complète**. Le chapitre « contexte réglementaire français » p24 rappelle les exigences de l'arrêté du 4 octobre 2010. La circulaire du 24 avril 2008 précise les étapes qui conduisent à la réduction du risque lié à la foudre.

La première étape de la démarche consiste à évaluer le besoin de protection d'une installation. Une méthode probabiliste définie dans la norme NF EN 62305-2 consiste à **calculer un risque** à partir de l'**occurrence des événements** d'origine orageuse (liée à l'activité orageuse et la taille des structures) et la **dangerosité de l'installation**. La valeur du risque est comparée à un **risque tolérable**. Le risque peut être réduit par une approche itérative en ajoutant des mesures de protection. Le chapitre « analyse du risque foudre » p36 présente la **méthode** et donne des précisions sur la manière de pondérer les variables de calcul.

Une fois défini le besoin de protection contre la foudre, une deuxième étape consiste à faire le **choix** et **dimensionner les moyens** lors d'une étude technique. Les chapitres « étude technique » p56 et « installation du SPF » p68 rassemblent les principales **règles de l'art** de **conception** et d'**installation** d'un système de protection contre la foudre.

Il n'y a **pas de solution systématique** qui consisterait à mettre en place un paratonnerre sur le point le plus haut d'une structure. En fonction du type de structure (métallique ou non) de sa taille et du contenu (sensibilité au champ électromagnétique), différentes solutions sont possibles.

L'efficacité d'un système de protection contre la foudre est très liée au **respect des règles de mise en œuvre**. Il est indispensable de faire appel à des professionnels reconnus compétents pour réaliser les différentes missions : étude, installation et vérifications.

Il convient de **vérifier** périodiquement l'état des dispositifs mis en œuvre pour réduire les risques liés à la foudre. Le chapitre « vérification du SPF » p74 précise la **périodicité** et les **points à vérifier** sur un système de protection contre la foudre.

Références

- [1] Ω-20 « Démarche d'évaluation des Barrières humaines de Sécurité » : INERIS pour le Ministère de l'Écologie et du Développement durable. Rapport disponible sur le site Internet de l'INERIS <http://www.ineris.fr>
- [2] Ω-9 « L'étude de dangers d'une Installation Classée » - Rapport 46055 INERIS avril 2006
- [3] UTE C 17 108 « Guide pratique – Analyse simplifiée du risque »
- [4] UTE C 15-443 « Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres - Choix et installation des parafoudres »
- [5] Arrêté du 31 décembre 1999 « Réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base »
- [6] NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre - Partie 2 : Évaluation du risque »
- [7] P. Duquerroy, P. Gruet « Lightning risk analysis : Guidance for method évaluation » 29th ICLP juin 2008 Uppsala (Sweden)
- [8] P. Duquerroy, P. Baraton, F. Audran « Lightning risk analysis on French nuclear power plant » ICLP 2006.
- [9] NF EN 50536 « Protection contre la foudre - systèmes avertisseurs d'orage »
- [10] NF EN ISO 9001 « Systèmes de management de la qualité – Exigences novembre 2008 »
- [11] NF EN 62305-1 « Protection contre la foudre – Partie 1 : Principes généraux »
- [12] NF EN 62305-3 « Protection contre la foudre – Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains »
- [13] NF EN 62305-4 « Protection contre la foudre – Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures ».
- [14] DCE-10-109423-00628B « Guide : Appréciation des documents exigibles en application de l'arrêté foudre du 15 janvier 2008 »
- [15] Arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées NOR : DEVP0770817A JORF 24 avril 2008
- [16] Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées NOR : DEVP0801538C – BO 30 MAI 2008. – MEDAD 2008/10 – Texte 28/31 (Texte non paru au Journal officiel)
- [17] NF EN 50164-6, « Composants de protection contre la foudre (CPF) - Compteur de coups de foudre »
- [18] Arrêté du 4 octobre 2010, relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- [18] Arrêté du 19 juillet 2011, modifiant l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation

Remerciements

Pour leurs conseils et leur aimable participation, nous remercions vivement Messieurs :

- ❑ Marc BIENEFELD,
- ❑ Robert CARICONDO,
- ❑ Romain COHU,
- ❑ Antoine LOZAC'H,
- ❑ Robert MOUTIER,
- ❑ Alain ROUSSEAU,
- ❑ Pierre WILLEMANN

Liste des annexes

- 83 *Annexe 1 : glossaire et définitions
(7 pages)*
- 91 *Annexe 2 : arrêté du 4 octobre 2010
(3 pages)*
- 95 *Annexe 3 : circulaire du 24 avril 2008
(5 pages)*
- 101 *Annexe 4 : accidentologie - extraits de la
base de données ARIA
(23 pages)*
- 125 *Annexe 5 : liste des sociétés assurant la
dépose de paratonnerres radioactifs
(1 page)*

Annexe 1

Glossaire et définitions

Annexe 1

Glossaire et définitions

Analyse du Risque Foudre (ARF)	Document qui définit les besoins de protection contre la foudre à partir des dommages et pertes possibles dus à la foudre. Le choix de la méthode d'analyse du risque dépend de la criticité du risque pour l'installation à protéger. L'ARF indique la liste des installations qui nécessitent une protection spécifique et précise l'efficacité (ou niveau) de protection minimum requise.
Arc en retour	Troisième phase (Figure 7) : la rencontre entre le traqueur descendant et la décharge de capture établit un pont conducteur entre le nuage et le sol, par lequel va pouvoir s'écouler un intense courant électrique, se propageant de la terre vers le nuage, et neutralisant celui-ci. Ce courant, de nature impulsionnelle, est appelé "arc en retour". Il est la cause de la violente illumination du canal de foudre; il est responsable du tonnerre, mais surtout des dégâts produits par un foudroiement. Un éclair négatif descendant peut comporter plusieurs arcs en retour successifs.
Canal ionisé / Canal de foudre	Chemin filiforme faiblement conducteur, présentant de multiples ramifications, qui se trace à travers l'air atmosphérique, sous l'effet d'un processus d'ionisation. Au passage de courants de foudre, il s'échauffe jusqu'à des températures de 300 000°K et devient fortement conducteur : c'est le Canal de Foudre. Son diamètre est alors de l'ordre du centimètre.
Carnet de bord	Document principal qui identifie les installations à protéger et assure la traçabilité de l'ensemble des documents relatifs à la protection contre la foudre.
Champ électrique au sol	La dissociation des charges dans le nuage orageux entraîne la génération d'un champ électrique intense dans l'espace nuage-sol. Lorsque qu'il atteint, au niveau d'un sol plan, une intensité de 4 à 10 kilovolts par mètre, selon les conditions locales, une décharge au sol est imminente. Commentaire : les charges électriques induites à la surface du sol par le nuage sont généralement positives. Le vecteur représentatif du champ est alors vertical, orienté du sol vers le nuage.
Choc de foudre	Onde transitoire se manifestant sous la forme de surtensions et/ou de surintensités causées par l'IEMF. Les chocs causés par l'IEMF peuvent provenir des courants de foudre (partiels), des effets inductifs dans des boucles dans l'installation et se manifester comme la surtension résiduelle en aval des parafoudres.
Coup de foudre	L'un des arcs en retour lors d'un éclair à la terre, qui peut être respectivement le premier coup" ou l'un des "coups subséquents ".
Courant persistant	Pendant l'intervalle entre les courants d'arcs en retour, il subsiste souvent un courant permanent de faible intensité (de l'ordre de quelques centaines d'ampères), dont l'extinction coïncide avec la fin du coup de foudre.

Annexe 1

Glossaire et définitions

Densité de foudroiement	<p>Cette densité s'exprime en nombre d'impacts par kilomètre carré et par an. Pour le territoire français, elle est comprise entre moins de 1 impact / km².an et 4 impacts / km².an. Cette densité est déterminée scientifiquement à partir de capteurs répartis sur le territoire.</p> <p>On définit aussi une densité d'arcs en retour. La densité moyenne d'arcs en retour vaut à peu près 2,2 fois la densité d'impacts</p>
Distance d'amorçage	<p>Distance entre le point d'origine de la décharge de capture et le point de rencontre avec le traceur descendant. Cette distance joue un rôle essentiel dans la définition de la zone de protection d'un paratonnerre</p>
Distance de séparation	<p>Distance entre deux parties conductrices telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse apparaître.</p>
Domage physique	<p>La foudre peut engendrer trois types essentiels de dommages :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Blessures d'êtres vivants dues aux chocs électriques,2. Dommages physiques (dommage sur la structure ou dans son contenu ou sur un service, en raison d'effets mécaniques, thermiques, chimiques et explosifs de la foudre) dont les effets sont l'incendie, l'explosion, la destruction mécanique ou l'émanation chimique, dus au courant de foudre, y compris les étincelles dangereuses.3. Défaillances des réseaux internes dues à l'IEMF.
Éclair	<p>Dans le langage courant, on désigne par le terme "éclair" la manifestation lumineuse d'une décharge atmosphérique.</p>
Éclair inter-nuage / intra-nuage	<p>Décharge électrique d'origine atmosphérique qui se développe à l'intérieur d'un nuage orageux (éclair intra-nuage) ou entre nuages (éclair inter-nuages). Ce type d'éclairs n'est pas pris en considération pour la protection des installations au sol.</p>
Effet de couronne	<p>Phénomène d'ionisation dans l'air, qui se déclenche lorsque le champ électrique dépasse, à pression atmosphérique normale, une amplitude de 26 kilovolts par centimètre.</p> <p>Ce phénomène se développe généralement au sommet d'un objet conducteur pointu, où il y a amplification locale du champ ambiant. Il prend la forme d'effluves de couleur bleu-violette, et le processus physique correspondant est l'avalanche électronique.</p> <p>La formation d'un effet de couronne est la condition nécessaire au développement d'une prédécharge ascendante</p>

Annexe 1

Glossaire et définitions

Effet indirect	Effet d'un coup de foudre frappant le sol au voisinage d'une structure, d'un bâtiment ou d'une ligne aérienne, mais pouvant néanmoins causer des dommages.
Étude foudre	Étude qui définit le besoin et les moyens de protection d'une installation. Elle comprend une Analyse des Risques Foudre (ARF) et une Étude Technique.
Élément vulnérable (ou enjeu)	Élément tel que les personnes, les biens ou les différentes composantes de l'environnement susceptibles, du fait de l'exposition au danger, de subir des dommages.
Évaluation du risque	Processus de comparaison du risque estimé avec des critères de risque donnés pour déterminer l'importance du risque. (ISO/CEI 73). Cette estimation ou évaluation du risque est souvent réalisée selon deux composantes, la probabilité et les conséquences potentielles d'un risque, par exemple sur une grille de criticité. (MEDDTL/DGPR Circulaire du 10 mai 2010)
Étincelle dangereuse	Décharge électrique engendrée par la foudre qui provoque des dommages physiques à l'intérieur de la structure à protéger.
Étude Technique (ET)	Document qui définit les moyens de protection contre la foudre à mettre en œuvre afin d'atteindre les objectifs fixés par l'ARF. L'ET indique les caractéristiques des protections (type et dimensionnement des paratonnerres et des parafoudres, équipotentialité, prises de terre, prévention...) ainsi que la périodicité et les moyens de contrôle à prévoir.
Feu de St-Elme	Nom ancien de l'effet de couronne, donné par les navigateurs du Moyen-Age, alors qu'ils observaient ce "feu" au sommet des mats de leurs navires.
Fiche de contrôle	Document sur lequel sont reportées les mesures ou les observations demandées dans la fiche de vérification. Selon le cas, la notice de contrôle peut prévoir une fiche par protection (par exemple pour un paratonnerre particulier) ou par type de protection (par exemple pour les parafoudres).
Fiche de vérification d'une protection	Document qui précise le mode opératoire pour la vérification d'un élément d'un système de protection (exemple : vérification de l'état d'un parafoudre, d'une prise de terre, ou d'un paratonnerre). Il indique les outils et instruments nécessaires et la méthode de mesure éventuelle à retenir. La fiche de vérification est généralement rédigée à partir des informations fournies par le fabricant de l'équipement à vérifier.
Foudre / Éclair à la terre	Décharge électrique violente d'origine atmosphérique, qui se développe entre un nuage et la terre, consistant en un ou plusieurs coups de foudre (NF EN 62305-1).

Annexe 1

Glossaire et définitions

Foudre négative descendante, Éclair négatif descendant	C'est la foudre normale, la plus fréquente en plaine et en terrain vallonné (en France, 90% des éclairs sont, en moyenne sur une année, négatifs ; en fait, cette proportion varie de 60% en hiver à 95% en été, le reste est constitué d'éclairs positifs). Elle se compose de plusieurs phases successives décrites <i>Figure 7</i> .
Foudre ascendante / Éclair ascendant	Lorsqu'une décharge ascendante est issue d'une aspérité de grande hauteur (pic montagneux, tour de télévision, immeuble de grande hauteur), elle peut se développer jusqu'au sein du nuage, même en l'absence de tout traceur descendant. Ce type de décharge atmosphérique peut comporter plusieurs arcs en retour, mais dissipe généralement une énergie modérée.
Foudroiement	Action de la foudre sur un objet ou sur une construction quelconque ou sur un homme ou un animal.
Impulsion électromagnétique foudre (IEMF)	Effets électromagnétiques dus au courant de foudre. Elle comprend les courants conduits ainsi que les effets induits du champ magnétique.
Ion, Ionisation	Un ion est un atome ou une molécule portant une charge électrique soit par déficit (ion positif), soit par apport (ion négatif) d'un ou de plusieurs électrons. L'ionisation est l'ensemble des processus physiques par lesquels les ions sont créés.
Kéraunique	Adjectif issu du mot grec keraunos (= foudre), il qualifie tout ce qui se rapporte aux phénomènes orageux et à leurs conséquences.
Liaison équipotentielle de foudre	Interconnexion du SPF aux parties conductrices d'une installation par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrées par le courant de foudre.
Niveau de protection contre la foudre (NPF)	La norme NF EN 62305-2 indique « Nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre quant à la probabilité selon laquelle les valeurs de conception associées maximales et minimales ne seront pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle. » Le NPF qui varie de 1 à 4 correspond à une efficacité de protection.
Nœud	Point d'une ligne où la propagation d'un choc peut être négligée. Des exemples de nœuds sont un point de connexion d'un transformateur HT/BT ou d'un multiplexeur d'une ligne de communication ou encore un parafoudre mis en place sur une ligne
Notice de contrôles	Document qui indique l'ensemble des opérations de vérification des installations de protection. Il reprend les règles de l'art précisées dans les normes et les procédures particulières à certaines protections. Il inclut les fiches de vérifications pour chaque type de protection en place. Il précise les contraintes particulières au site (moyens accès aux protections, habilitations...)

Annexe 1

Glossaire et définitions

Nuage orageux	<p>On distingue deux types de nuages orageux :</p> <ol style="list-style-type: none">1) les cumulonimbus, grosses masses en forme d'enclume, qui donnent lieu aux orages de chaleur, très localisés et de durée limitée,2) les orages frontaux ou lignes de grains, qui peuvent se propager sur des milliers de kilomètres. <p>Dans les deux cas, ces nuages sont le siège de charges électriques, les charges positives étant rassemblées à leur sommet, et les charges négatives à leur base. Un îlot de charges positives existe parfois à la base d'un nuage.</p>
Orage	<p>Phénomène météorologique d'instabilité atmosphérique, au cours duquel des turbulences développent des charges électriques dans l'air, notamment au sein de nuages orageux. Ces charges sont la cause de décharges électriques violentes, dites "décharges atmosphériques".</p>
Parafoudre	<p>Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants de foudre. Il comprend au moins un composant non linéaire.</p>
Parafoudre de type 1	<p>Parafoudre résistant à un coup de foudre direct et capable de canaliser vers la terre un courant de 12 kA à 65 kA (I_{imp})</p> <p>Le parafoudre de type 1 limite le risque d'incendie dans les armoires électriques.</p>
Parafoudre de type 2	<p>Parafoudre qui peut être ajouté près d'un équipement sensible afin de compléter la protection fournie par un parafoudre de type 1.</p> <p>Le parafoudre de type 2 limite le risque de défaillance des équipements électriques.</p>
Parafoudres coordonnés	<p>Ensemble de parafoudres (type 1 et type 2) choisis de manière appropriée et mis en œuvre pour la protection contre les chocs des réseaux de puissance et de communication</p>
Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA)	<p>Paratonnerre qui offre, selon la norme NF C 17-102, un volume de protection supérieur à un paratonnerre à tige simple. Ce type de protection fait l'objet du rapport INERIS-DCE-25265f d'octobre 2001.</p>
Phénomène dangereux	<p>Libération d'énergie ou de substance produisant des effets susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières.</p>
Point d'impact	<p>Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.</p>

Annexe 1

Glossaire et définitions

Prédécharge ascendante / Traceur ascendant	Deuxième phase (Figure 7) : lorsque le traceur descendant s'est suffisamment approché du sol, des "prédécharges ascendantes" naissent en différents points du sol, préférentiellement à partir d'aspérités ou d'objets pointus, et se développent en direction du traceur. L'une de ces prédécharges rencontre le traceur descendant, c'est pourquoi cette prédécharge est appelée "décharge de capture" ; c'est elle qui détermine le(s) point(s) d'impact(s) de la foudre au sol.
Rapport de contrôles	Rapport de synthèse qui résulte d'une vérification initiale ou périodique des installations de protection réalisée selon la notice de contrôles. Il indique si la protection est conforme ou non par rapport aux exigences précédemment définies.
Structure à protéger	Structure pour laquelle une protection contre les effets de la foudre est exigée. Une structure à protéger peut faire partie d'une structure de plus grandes dimensions.
Structures avec risque d'explosion	Structures contenant des produits à risque d'explosion (voir CEI 60079-10 et CEI 61241-10). Dans la norme NF EN 62305 2, seules les structures comportant des zones dangereuses de type 0 ou contenant des matériaux explosifs solides sont prises en considération.
Structures dangereuses pour l'environnement	Structures qui peuvent être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques et radioactives à la suite d'un foudroiement; par exemple installations chimiques, pétrochimiques, nucléaires, etc.
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.
Tension assignée de tenue aux chocs Uw	Tension de tenue aux chocs des matériels électriques ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue de son isolation contre des surtensions transitoires. Dans la norme NF EN 62305-2, seule la tension de tenue en mode commun est prise en compte.
Traceur descendant / Traceur par bonds / Précurseur par bonds	Première phase : formation d'un canal ionisé faiblement lumineux, issu du nuage, portant des charges négatives, et qui progresse par bonds vers la terre. C'est donc un traceur négatif.
Zone de protection contre la foudre (ZPF)	Zone dans laquelle l'environnement de foudre est défini. Les frontières d'une ZPF ne sont pas nécessairement physiques (par exemple parois, plancher, plafond).
Zone d'une structure (ZS)	Partie d'une structure dont les caractéristiques sont homogènes et dans laquelle un seul jeu de paramètres est utilisé pour l'évaluation d'une composante du risque

Annexe 1

Glossaire et définitions

Liste des autres abréviations utilisées dans ce rapport :

MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollution Industrielles
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
AS	Autorisé avec servitude d'utilité publique
EDD	Étude De Dangers
EIPS	Élément important pour la sécurité
IEMF	Impulsion électromagnétique foudre
MMR	Mesures de maîtrise des risques
NPF	Niveau de protection contre la foudre
PDA	Paratonnerre à dispositif d'Amorçage
SPF	Système de protection contre la foudre
ZPF	Zone de protection contre la foudre

Annexe 2

Extrait de l'Arrêté du 4 octobre 2010

*modifié par l'arrêté
du 19 juillet 2011*

*Seuls les « **vus** » et la section III (section spécifique au risque foudre) sont reproduits dans la présente annexe*

Annexe 2

Arrêté du
4 octobre 2010

Arrêté du 04/10/10 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation

JO n° 265 du 16 novembre 2010, NOR : DEVP1025930A

Texte modifié par :

- Arrêté du 19 juillet 2011 (JO n° 180 du 5 août 2011)
- Arrêté du 24 janvier 2011 (JO n° 76 du 31 mars 2011) et Rectificatif au JO n° 84 du 9 avril 2011

Vus

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat,

Vu le *Code de l'environnement*, notamment le *titre Ier de son livre V* ;

Vu le *règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil* du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006 ;

Vu l'*arrêté du 20 avril 1994* modifié relatif à la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances dangereuses ;

Vu l'*arrêté du 15 mars 2000* relatif à l'exploitation des équipements sous pression ;

Vu l'*arrêté du 10 mai 2000* relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;

Vu l'*arrêté du 9 novembre 2004* modifié définissant les critères de classification et les conditions d'étiquetage et d'emballage des préparations dangereuses et transposant la directive 1999/45/CE du Parlement européen et du Conseil du 31 mai 1999 concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des préparations dangereuses ;

Vu l'*arrêté du 29 septembre 2005* relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;

Vu l'*arrêté du 3 octobre 2010* relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;

Vu l'*avis des organisations professionnelles* concernées ;

Vu l'*avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques* du 28 septembre 2010,...

Annexe 2

Arrêté du
4 octobre 2010

...Section III : Dispositions relatives à la protection contre la foudre

Article 16

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

Les dispositions de la présente section sont applicables aux installations classées visées par les rubriques suivantes dès lors qu'une agression par la foudre peut être à l'origine d'un événement susceptible de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement :

- les rubriques 47, 70 ;
- toutes les rubriques de 1110 à 1820 ;
- les rubriques 2160, 2180, 2225, 2226, 2250, 2255, 2260, 2345, 2410, 2420 à 2450, 2531, 2541 à 2552, 2562 à 2670, 2680, 2681 et 2750 ;
- les rubriques 2714, 2717, 2718, 2770, 2771, 2782, 2790, 2791 et 2795 ;
- les rubriques 2910 à 2920, 2940 et 2950.

Pour les installations autorisées *avant le 24 août 2008*, les dispositions des articles 19 à 22 du présent arrêté ne sont applicables *qu'à partir du 1er janvier 2012*.

Les dispositions du présent arrêté peuvent être rendues applicables par le préfet aux installations classées soumises à autorisation non visées par les quatre premiers alinéas de cet article dès lors qu'une agression par la foudre sur certaines installations classées pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement.

Article 17 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

Sont reconnus organismes compétents au titre de la présente section les personnes et organismes *qualifiés par un organisme indépendant* selon un référentiel approuvé par le ministre chargé des installations classées.

Article 18 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

Une analyse du risque foudre (ARF) visant à protéger les intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1 du Code de l'environnement est réalisée par un organisme compétent. Elle identifie les équipements et installations dont une protection doit être assurée.

L'analyse est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à la norme *NF EN 62305-2*, version de novembre 2006, ou à un guide technique reconnu par le ministre chargé des installations classées.

Elle définit les niveaux de protection nécessaires aux installations.

Cette analyse est systématiquement mise à jour à l'occasion de modifications substantielles au sens de l'article R. 512-33 du Code de l'environnement et à chaque révision de l'étude de dangers ou pour toute modification des installations qui peut avoir des répercussions sur les données d'entrées de l'ARF.

Article 19 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

En fonction des résultats de l'analyse du risque foudre, une *étude technique* est réalisée, par un organisme compétent, définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu de leur implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.

Annexe 2

Arrêté du
4 octobre 2010

Une *notice de vérification et de maintenance* est rédigée lors de l'étude technique puis complétée, si besoin, après la réalisation des dispositifs de protection.

Un *carnet de bord* est tenu par l'exploitant. Les chapitres qui y figurent sont rédigés lors de l'étude technique.

Les systèmes de protection contre la foudre prévus dans l'étude technique sont conformes aux normes françaises ou à toute norme équivalente en vigueur dans un Etat membre de l'Union européenne.

Article 20 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

L'installation des dispositifs de protection et la mise en place des mesures de prévention sont réalisées, par un organisme compétent, à l'issue de l'étude technique, *au plus tard deux ans* après l'élaboration de l'analyse du risque foudre, à l'exception des installations autorisées à partir du 24 août 2008, pour lesquelles ces mesures et dispositifs sont mis en oeuvre avant le début de l'exploitation. Les dispositifs de protection et les mesures de prévention répondent aux exigences de l'étude technique.

Article 21 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

L'installation des protections fait l'objet d'une *vérification complète* par un organisme compétent, distinct de l'installateur, *au plus tard six mois* après leur installation.

Une *vérification visuelle* est réalisée *annuellement* par un organisme compétent.

L'état des dispositifs de protection contre la foudre des installations fait l'objet d'une vérification complète tous les deux ans par un organisme compétent.

Toutes ces vérifications sont décrites dans une notice de vérification et de maintenance et sont réalisées conformément à la norme *NF EN 62305-3* , version de décembre 2006.

Les agressions de la foudre sur le site sont enregistrées. En cas de *coup de foudre enregistré* , une *vérification visuelle* des dispositifs de protection concernés est réalisée, dans un *délai maximum d'un mois* , par un organisme compétent.

Si l'une de ces vérifications fait apparaître la nécessité d'une *remise en état* , celle-ci est réalisée dans un *délai maximum d'un mois* .

Article 22 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

L'exploitant tient en permanence à disposition de l'inspection des installations classées l'analyse du risque foudre, l'étude technique, la notice de vérification et de maintenance, le carnet de bord et les rapports de vérifications.

Article 23 de l'arrêté du 4 octobre 2010

(Arrêté du 19 juillet 2011, article 2)

Les paratonnerres à source radioactive présents dans les installations sont déposés avant le 1er janvier 2012 et remis à la filière de traitement des déchets radioactifs.

Fait à Paris, le 4 octobre 2010. Pour le ministre et par délégation :
le directeur général de la prévention des risques,
L. Michel

Annexe 3

Circulaire du
24 avril 2008

Annexe 3

Circulaire du
24 avril 2008

BULLETIN OFFICIEL DU MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

30 MAI 2008. – MEDAD 2008/10 – Texte 28 / 31

TEXTES GÉNÉRAUX

Prévention des pollutions et des risques

Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées
NOR : DEVP0801538C

(Texte non paru au Journal officiel)

Le ministre d'État, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire à Mesdames et Messieurs les préfets de département.

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées. J'attire votre attention sur le fait que ce texte abroge et remplace l'arrêté du 28 janvier 1993, quatre mois après la date de parution du nouvel arrêté. L'arrêté du 15 janvier 2008 prévoit explicitement la liste des rubriques de la nomenclature pour lesquelles devront désormais être réalisés une analyse du risque foudre, une étude technique, l'installation de systèmes de prévention et/ou de protection et des contrôles réguliers. Les installations existantes doivent disposer d'une analyse du risque foudre à partir du 1er janvier 2010, d'une étude technique à partir du 1er janvier 2012 et les moyens de prévention et/ou de protection doivent être installés avant le 1er janvier 2012, contrôlés six mois après l'installation puis tous les ans visuellement et tous les deux ans de façon complète. Les installations nouvelles doivent disposer de l'analyse du risque foudre, de l'étude technique et des équipements de prévention et/ou protection avant le démarrage de l'installation. La démarche globale de protection contre la foudre est illustrée en annexe de la présente circulaire. Afin de limiter la segmentation des études, ce qui pourrait aller à l'encontre de l'objectif recherché de diminution du risque par manque de vision globale de l'étude de dangers de l'installation, et sous réserve qu'il soit reconnu compétent, le même organisme pourra réaliser l'analyse du risque foudre et l'étude technique.

1. Analyse du risque foudre (ARF)

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

- blessures d'être vivants ;
- dommages physiques (atteinte de l'intégrité des structures) ;
- défaillance des réseaux électriques et électroniques.

Dans le cadre de l'application de l'arrêté du 15 janvier 2008, l'ARF prend en compte le risque de perte de vie humaine et les défaillances des réseaux électriques et électroniques.

L'ARF identifie :

Annexe 3

Circulaire du
24 avril 2008

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

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

2. Étude technique

a) *Protection contre les effets directs de la foudre*

Pour chaque structure pour laquelle l'ARF a identifié un besoin de protection, l'étude technique indique le type (cage maillée, paratonnerre à tige...) et les caractéristiques du système de protection contre les chocs de foudre direct ainsi que son positionnement (y compris le positionnement des conducteurs de descente et des prises de terre)

L'étude technique définit les liaisons d'équipotentialité à mettre en place entre le système de protection foudre et les lignes et canalisations conductrices.

La protection est définie en conformité à la norme NF EN 62305-3 « Protection contre la foudre – Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains ». Les paratonnerres à dispositif d'amorçage peuvent être utilisés comme dispositif de capture sous réserve, dans l'attente de la révision de la norme NF C 17-102 de juillet 1995, de réduire au minimum de 40 % la zone de protection définie dans cette norme ainsi que préconisé dans la fiche d'interprétation 17-102-001 de décembre 2001 de l'Union technique de l'électricité (UTE), en retenant systématiquement le coefficient C5 égal à 10.

En fonction de leur utilisation, les composants de protection contre la foudre doivent être conformes à la série des normes NF EN 50164 : « composants de protection contre la foudre (CPF) ».

b) *Protection contre les effets indirects de la foudre*

En fonction du niveau de protection fixé dans l'ARF et des caractéristiques des lignes et des équipements à protéger, l'étude technique précise :

- le nombre, la localisation, les caractéristiques et le dimensionnement en courant des parafoudres à mettre en place ;
- les moyens de protection complémentaires (blindage de câble, blindage de locaux, cheminement des câbles...).

La protection est définie en conformité à la norme NF EN 62305-4 « Protection contre la foudre – Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures ».

Les parafoudres sont conformes à la série des normes NF EN 61643.

c) *Prévention*

En complément des systèmes de protection, des moyens de prévention tels que des matériels de détection d'orage ou un service d'alerte d'activité ora-

Annexe 3

Circulaire du
24 avril 2008

geuse peuvent être définis.

Les moyens de prévention sont intégrés dans les procédures d'exploitation de l'installation.

d) *Notice de vérification et maintenance*

L'étude technique inclut la rédaction d'une notice de vérification et maintenance. Elle rappelle la portée des vérifications telles qu'elles sont définies dans la norme NF EN 62305-3. Elle comprend au minimum trois parties :

- liste des protections contre la foudre ;
- la liste des protections reprend de manière exhaustive les mesures de protection définies dans l'étude technique, y compris les liaisons d'équipotentialité ;
- localisation des protections. Les protections sont repérées sur un plan tenu à jour.
- notices de vérification des différents types de protection.

Les notices de vérifications indiquent les méthodes de vérification des différents types de protections, les équipements particuliers éventuellement nécessaires pour procéder à la vérification. Elles indiquent les critères de conformité des protections par rapport aux normes à appliquer ou à défaut, des indications du fabricant de la protection.

3. Installation des protections contre la foudre

L'installation doit être conforme à l'étude technique. Il convient de mettre à jour cette dernière, lorsque l'installation impose des modifications des prescriptions. L'installation des parafoudres connectés au réseau basse tension est conforme aux règles définies aux paragraphes 7 et 8 du guide UTE C 15-443 « Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique – Choix et installation des parafoudres ».

4. Vérification des protections contre la foudre

Toutes les vérifications sont réalisées conformément à la notice de vérification et maintenance. Les vérifications n'ont pas pour objet de statuer sur la pertinence de l'analyse du risque foudre ou de l'étude technique.

Les résultats des vérifications sont consignés dans un rapport. Les précédents rapports de vérification sont tenus à disposition du vérificateur.

Tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre (modification, vérification, coup de foudre, opération de maintenance) sont consignés dans le carnet de bord. Les enregistrements des agressions de la foudre sont datés et si possible localisés sur le site.

Les enregistrements peuvent être réalisés à l'aide d'un compteur de coup de foudre (ce dernier doit alors être conforme au guide UTE C 17-106 « Guide pratique – Compteurs de coups de foudre ») ou par un système de détection d'orage.

5. Exigences minimales pour les référentiels de qualification des organismes compétents

Les référentiels de qualification des organismes compétents comportent à minima :

- les exigences du système de management de la qualité de l'organisme com-

Annexe 3

Circulaire du
24 avril 2008

pétent : ce dernier est au minimum conforme aux paragraphes 6 « Management des ressources » et 7 « Réalisation du produit » de la norme NF EN ISO 9001.

(Le « produit » est résultat d'un processus, par extension, il s'agit des missions d'analyse du risque, d'étude technique, d'installation et de vérification.),

– les exigences vis-à-vis des personnes désignées compétentes : les responsables des missions d'analyse du risque foudre, d'étude technique, d'installation ou de vérification doivent avoir une formation initiale suffisante et des formations complémentaires (connaissance des phénomènes physiques et des normes citées dans la présente circulaire en fonction des missions réalisées). Elles sont titulaires d'une attestation de compétence délivrée par l'organisme de qualification ;

– les modalités d'octroi, de maintien, d'extension, de suspension ou de retrait de la qualification : l'octroi de la qualification doit comprendre l'examen d'un dossier de candidature et un audit initial chez l'organisme candidat à la qualification. Le maintien de la qualification est sous-tendu à un audit de suivi annuel.

L'activité de qualification est réalisée selon un système de management de la qualité certifié NF EN ISO 9001 ;

– l'usage de la qualification : les organismes compétents s'engagent à respecter le règlement de qualification (règles de bonne conduite, usage de la qualification). L'attestation de qualification de l'organisme compétent doit indiquer les activités qualifiées (fabrication, analyse du risque foudre, étude technique, installation, vérification, formation) ainsi que le niveau de qualification (en rapport avec la complexité des installations à protéger).

6. Circulaires d'application de l'arrêté abrogé du 28 janvier 1993

Les circulaires d'application de l'arrêté du 28 janvier 1993 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées sont abrogées à la date de publication de l'arrêté du 15 janvier 2008 augmentée de quatre mois et remplacées par la présente circulaire.

7. Paratonnerres à sources radioactives

L'arrêté du 11 octobre 1983 relatif à l'interdiction de l'emploi des radioéléments pour la fabrication des paratonnerres ainsi que de la commercialisation et de l'importation de ces paratonnerres, modifié le 22 juillet 1986, interdit l'emploi d'éléments radioactifs pour la fabrication, la commercialisation et l'importation des paratonnerres depuis le 1er janvier 1987. En cas de possession de ces paratonnerres, il est nécessaire d'effectuer les démarches en vue de leur élimination par l'ANDRA (direction industrielle, service support et administration, 1-7, rue Jean-Monnet, 92298 Châtenay-Malabry Cedex).

Une brochure intitulée « La récupération des paratonnerres radioactifs en France » est disponible auprès de l'ANDRA. Les opérations de dépose, conditionnement, transport et entreposage éventuel, avant la collecte des paratonnerres par l'ANDRA, sont de la responsabilité de leur détenteur.

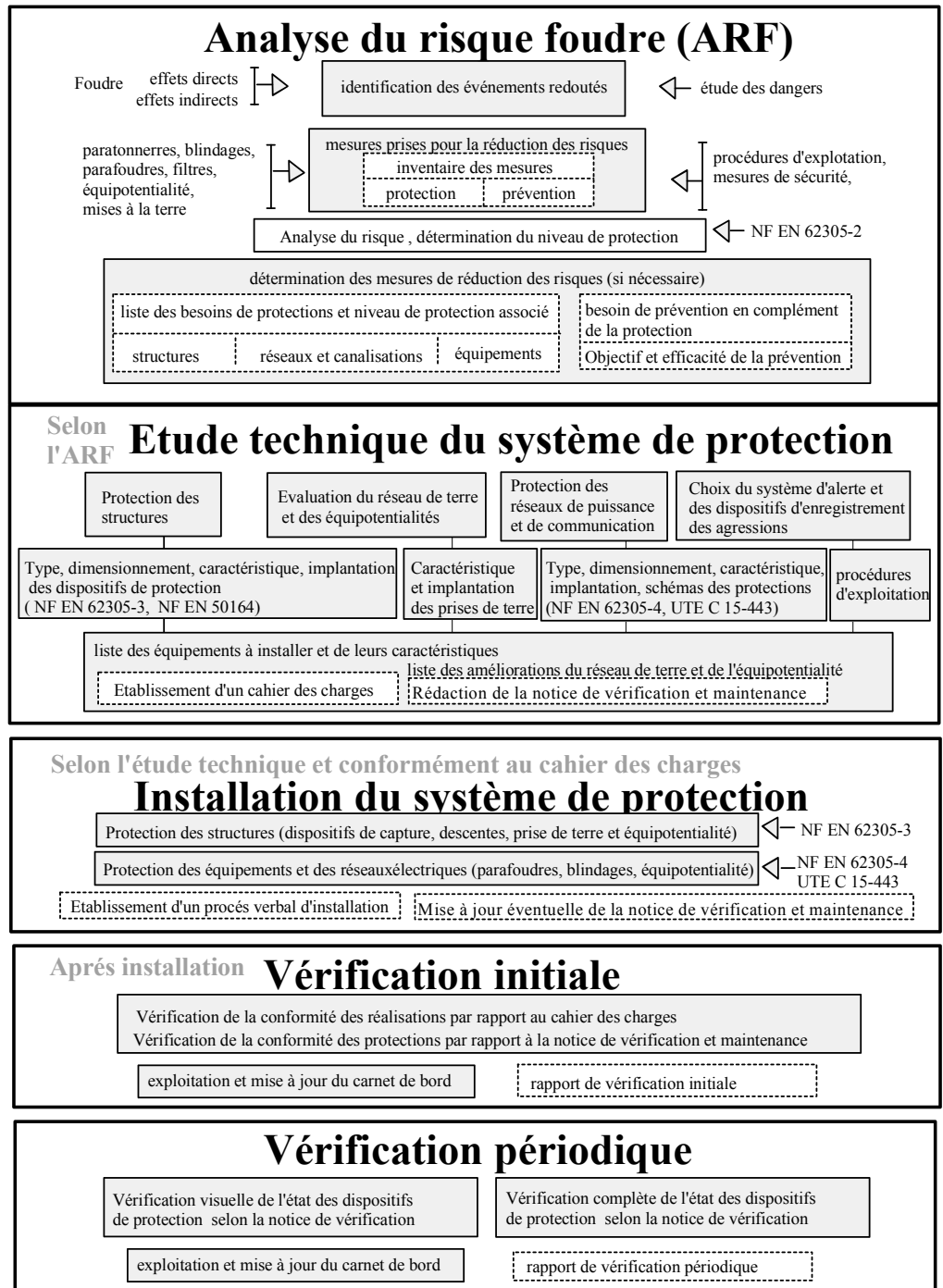
Les paratonnerres à sources radioactives sont déposés avant le 1er janvier 2012.

Pour le ministre et par délégation :
Le directeur de la prévention des pollutions et
des risques, délégué aux risques majeurs,

Annexe 3

Circulaire du
24 avril 2008

L. MICHEL



Démarche globale de protection contre la foudre

Annexe 4

Accidentologie

*Extraits de la base de données
ARIA*

www.aria.developpement-durable.gouv.fr
Date de la recherche : septembre 2010

Annexe 4

Accidentologie base de données ARIA

Liste des accidents français

ARIA 343 - 13/06/1988 - 26 - ROMANS-SUR-ISERE 24.46 - élaboration et transformation de matières nucléaires

Dans une usine de fabrication de combustibles nucléaires, une fuite enflammée d'hydrogène (H₂) se produit sur une semi-remorque raccordée à un poste de détente, en attente de transfert. L'alerte est donnée par le personnel du restaurant d'entreprise situé à proximité. Les secours externes arrivant sur site 15 min plus tard constatent une fuite très importante de gaz enflammé à l'arrière de la semi-remorque, à proximité de la réserve de bouteilles verticales. La surchauffe au rouge-blanc de l'extrémité de la plate-forme de la semi-remorque fait craindre une détérioration des vannes des bouteilles. De plus, le poste de détente auquel est raccordé la semi-remorque (ancien poste de détente utilisé comme poste de secours) est le siège de nombreuses fuites enflammées.

Quatre autres semi-remorques sont situées au niveau du poste de transfert relié à un 2ème poste de détente (nouveau poste) : 1 raccordée en attente, 1 non raccordée et 2 raccordées en service. Les premières mesures consistent à refroidir par noyage les têtes de bouteilles de la semi-remorque sinistrée et à faire évacuer les autres semi-remorques. Par ailleurs, les équipements de production d'hydrogène sont stoppés pour permettre l'isolement du réseau de distribution.

Deux heures plus tard, la pression ayant baissé dans les bouteilles de la semi-remorque accidentée, les secours peuvent les approcher pour en fermer les vannes. La foudre serait à l'origine de l'accident. La suppression définitive du poste de détente sinistré (poste de secours) permettra de reprendre l'exploitation du réseau de distribution dès le lendemain. Tous les potelets de raccordement des semi-remorques seront rénovés de façon à corriger le risque de destruction par la chaleur.

ARIA 614 - 10/08/1988 - 59 - SIN-LE-NOBLE 36.00 - Captage, traitement et distribution d'eau

Dans une usine de traitement de l'eau, un orage provoque la surchauffe de 2 fusibles sur un transformateur et la fuite de 2 l de pyralène ; 2 employés et 1 pompier sont hospitalisés par mesure de sécurité.

ARIA 654 - 23/09/1988 - 13 - ROGNES 86.90 - Autres activités pour la santé humaine

Lors d'un orage, un incendie se déclare sur un transformateur qui vient d'être frappé par la foudre. Le risque d'émission toxique liée au pyralène est maîtrisé ; 87 pensionnaires d'une maison de retraite sont évacués, 2 pompiers sont sérieusement incommodés.

ARIA 1151 - 21/05/1989 - 33 - PESSAC 46.73 - Commerce de gros de bois, de matériaux de construction et d'appareils sanitaires

La foudre provoque un incendie dans un entrepôt de négoce de bois.

ARIA 1200 - 24/07/1989 - 15 - AURILLAC 37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Un orage entraîne des perturbations dans le fonctionnement de la station d'épuration. La CERE est polluée sur 5 km et plusieurs milliers de poissons morts sont repêchés.

ARIA 1760 - 13/03/1990 - 65 - BAZILLAC 72.19 - Recherche-développement en autres sciences physiques et naturelles

Un incendie se déclare dans un laboratoire industriel spécialisé dans la génération de hautes tensions électriques pour la simulation des effets de la foudre et le test d'isolants et de paratonnerres. Les dégâts s'élèvent à 4 ou 5 MF (0,6 M.euro).

ARIA 1884 - 22/04/1990 - 69 - PIERRE-BENITE 20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

A la suite d'une coupure d'électricité provoquée par la foudre, une surpression se produit dans une unité de production de FORANE. Un nuage toxique se forme. Des rideaux d'eau rapidement mis en place freinent la dispersion du nuage tout en entraînant la formation d'un important brouillard. Les pompiers externes n'ont pas à intervenir.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 2715 - 05/07/1991 - 29 -

21.10 - Fabrication de produits pharmaceutiques de base

A la suite d'un coup de foudre sur le poste de relevage des eaux usées d'une usine de chimie fine, la téléalarme de la cuve de rétention est endommagée. Le disjoncteur déclenche également : les pompes de relevage s'arrêtent. Cette cuve déborde et 150 m³ environ d'effluents bruts de cystine (extrait de plumes de volaille) se déversent dans le ruisseau des NOES. La qualité des eaux est altérée jusqu'à la confluence avec LA CLAIE ; aucune conséquence notable n'est cependant observée sur la faune piscicole.

ARIA 3661 - 29/05/1992 - 12 - LA LOUBIERE

47.59 - Commerce de détail de meubles, appareils d'éclairage et autres articles de ménage en magasin spécialisé

Un incendie, provoqué par la foudre, se déclare dans un hangar servant d'atelier à une entreprise de fabrication de salons de cuir mais aussi d'entrepôt à une entreprise de pose de lignes téléphoniques. L'atelier, l'entrepôt ainsi que 2 camions sont détruits.

ARIA 3707 - 10/06/1992 - 02 - MARLE

20.20 - Fabrication de pesticides et d'autres produits agrochimiques

Un incendie se déclare par temps d'orage dans un stock de produits finis d'une usine de fabrication de produits phytosanitaires. Le feu a pour origine un coup de foudre de forte intensité qui a dépassé les capacités de protection du paratonnerre.

Le POI est déclenché et 3 grosses lances (diamètre 70) sont installées à l'intérieur du bâtiment. Les pompiers sont alertés. L'incendie est maîtrisé en 45 min. A la suite de ce sinistre, 10 t de produits ont brûlé et 400 m² d'entrepôt sont détruits. Retenues dans les bassins de rétention, les eaux d'extinction ne provoqueront aucune pollution. Les dommages matériels s'élèvent à 3,5 MF.

ARIA 4507 - 30/05/1993 - 87 - BESSINES-SUR-GARTEMPE

24.46 - élaboration et transformation de matières nucléaires

Un incident se produit dans une unité de traitement de minerai d'uranium, lors de l'expérimentation d'une nouvelle fabrication. Par temps orageux, le dysfonctionnement de la pompe d'alimentation en chaux de l'unité de neutralisation des effluents générés par une installation de dissolution d'oxyde d'uranium est à l'origine d'un rejet de dioxyde d'azote. 30 pompiers sont mobilisés. La chaîne de traitement est rapidement rétablie. La cuve d'acide est vidangée. Le rejet n'était pas radioactif. Il n'y a eu aucune conséquence pour la population.

ARIA 4801 - 22/09/1993 - 69 - RILLIEUX-LA-PAPE

36.00 - Captage, traitement et distribution d'eau

La foudre tombe sur le transformateur principal (63 kV) d'une usine de production d'eau potable de 300 000 m³/j. Un feu se déclare (flammes de 50 m de haut) alimenté par les 6 000 l d'huile du transformateur. Le système de distribution de moyenne tension est endommagé par effet domino et les 5 pompes de relèvement sont mises hors service.

Les circuits hydrauliques et les champs captant (114 puits) ne sont pas atteints. La mise en place de dispositifs de secours permet d'alimenter la ville de LYON en eau potable. Les pompiers interviennent durant 6 h pour éteindre l'incendie. Les dommages matériels s'élèvent à 11,5 MF et nécessitent 3 mois de travaux.

ARIA 4900 - 08/10/1993 - 62 - VENDIN-LE-VIEIL

35.13 - Distribution d'électricité

La foudre détruit un transformateur de 150 KV, hors service durant l'accident (disjoncteur ouvert) et protégé par un éclateur. A la suite de l'effet joule dû à la surtension, 38 000 l d'huile contenus dans l'appareil s'enflamment. L'incendie est maîtrisé en 2 h, mais certains matériaux se consumeront durant plus de 36 h. L'alimentation électrique de LENS est interrompue durant 50 min.

A la suite du sinistre, 45 000 l d'émulsion huile/eau sont récupérées et stockées en cuve pour être incinérés. Le sol est pollué sur 200 m². Des carottages, réalisés pour évaluer les risques de pollution de la nappe phréatique, permettent de détecter 0,003 % d'hydrocarbures jusqu'à 3 m de profondeur dans le sol. Les dommages et pertes d'exploitation sont évalués à 7,8 MF.

Annexe 4

Accidentologie base de données ARIA

ARIA 5060 - 02/07/1993 - 94 - CRETEIL

38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux

Un orage provoque l'arrêt d'un ventilateur d'éjection des gaz de combustion d'une installation de traitement de déchets hospitaliers et urbains. Les gaz de combustion sont évacués sans filtration à la suite du déclenchement d'une sécurité. Des fumées noirâtres se dégagent. Le ventilateur d'éjection est remis en état après quelques jours d'arrêt.

ARIA 5675 - 29/07/1994 - 38 - ROISSARD

94.99 - Activités des organisations associatives n.c.a.

Dans une colonie de vacances, la foudre tombe sur le paratonnerre, provoquant un arc électrique entre le paratonnerre et la canalisation enterrée d'alimentation en gaz des cuisines depuis une citerne de propane. Le gaz s'enflamme alors. Une personne réagit rapidement et éteint le feu avec un extincteur. Cependant, le déclencheur/détendeur défaillant de la citerne n'interrompt pas l'alimentation malgré la dépression liée à la fuite et le gaz continue de sortir.

La vanne manuelle de la citerne, grippée, ne pourra être manœuvrée plus tard que par un pompier. 124 enfants et moniteurs doivent être évacués durant l'intervention. Le détendeur est changé la nuit même par la société de distribution, propriétaire de la citerne. La conduite, enterrée, était en cuivre et passait à 20 cm du paratonnerre (les règles de l'art préconisent une distance de 1 m). La démolition du bâtiment était prévue pour août 1994 et l'installation de gaz devait être remplacée.

ARIA 5678 - 28/07/1994 - 76 - CIDEVILLE

49.50 - Transports par conduites

Un gazoduc (De= 457,2mm ; pression MS=67,7 bars ; acier X60; ép.=5,2mm) enterré à 1,20 m et revêtu de polyéthylène est perforé par la foudre et s'enflamme en plein champ, à 200 m d'habitations. Des flammes de 10 m de hauteur sont observées, le maïs est brûlé sur 30 m de rayon. L'impact se situe à l'aplomb d'un piquet en bois de 1,50m planté dans le sol (0,5m) et servant à repérer l'ouvrage; il présente 2 cratères distants de 110mm. Sur l'un, le revêtement a disparu et la paroi est percée, sur l'autre, le revêtement est localement absent et on observe 2 percements.

Le sinistre est détecté par un conducteur de train qui donne l'alerte (feu de broussailles). Après 1h10, la fuite de gaz est détectée, l'exploitant alerté. Il a procédé à la décompression du tronçon et au torchage de gaz, après modification du schéma d'alimentation de la zone. Le feu est éteint 7h après la détection du sinistre. La zone endommagée est remplacée (pose de manchette). Le réseau est rétabli 7h plus tard.

ARIA 5870 - 07/09/1994 - 07 - PEAUGRES

01.50 - Culture et élevage associés

Un incendie provoqué par la foudre, détruit un bâtiment agricole de 250 m², ainsi que le matériel qu'il abritait.

ARIA 5871 - 08/09/1994 - 07 - SAINT-ALBAN-D'AY

01.50 - Culture et élevage associés

La foudre provoque l'incendie d'une exploitation agricole de 500 m².

ARIA 5874 - 08/09/1994 - 38 - ROUSSILLON

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Plusieurs émissions ponctuelles de vapeurs nitreuses se produisent dans une usine chimique, à la suite de coupures de courant provoquées par des orages.

ARIA 6109 - 05/08/1994 - 85 - LA GAUBRETIERE

31.09 - Fabrication d'autres meubles

La foudre tombe sur le bâtiment en aluminium d'une fabrique de meubles et provoque un incendie. Après avoir découpé le toit, la foudre se propage aux circuits électriques des 12 cabines de vernissage de l'entreprise. Trois d'entre elles s'embrasent. Le système de sécurité incendie, à poudre, se déclenche et contient le sinistre jusqu'à l'arrivée des pompiers. Grâce à la présence d'un mur coupe feu, le sinistre est maîtrisé en 2 h. Les 1 200 m² de toitures sont endommagés ainsi que 420 m² de locaux. Les trois cabines de peinture et une chaîne de vernissage sont hors service. Les dommages matériels et les pertes de production s'élèvent à 4,9 MF.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 6139 - 24/03/1986 - 63 - ISSOIRE

24.42 - Métallurgie de l'aluminium

Une explosion se produit dans une fonderie, sur une machine de coulée alimentée en gaz naturel. La foudre forme un arc électrique au niveau du chantier de coulée et provoque une pulvérisation d'aluminium liquide. Le brouillard formé, en s'élevant au contact de l'air provoque l'explosion. Le câble du descendeur se rompt et entraîne dans le puits la chute du mécanisme.

Survient une seconde explosion moins violente. Une torchère se déclare à la suite de la rupture de la canalisation de gaz. Les secours sont rapidement sur place (6 min. après l'alerte). On déplore 4 morts et 25 blessés. Des rafales de vents arrachent les tôles de couverture et le bardage du hall. Des pièces de plusieurs dizaines de kilo sont retrouvées à des distances de 4 à 500 m.

ARIA 6277 - 05/11/1994 - 13 - BERRE-L'ETANG

19.20 - Raffinage du pétrole

Le toit flottant d'un bac de stockage de 15 000 m³ de platformat (coupe voisine de l'essence) sombre pour une raison indéterminée. Le coulage est détecté le 5/11 à 21h40. Malgré l'épandage de mousse réalisé afin de prévenir un incendie, la foudre provoque l'inflammation du produit le 7/11 vers 21h45 lors d'un violent orage, après que la couche de mousse ait été affaiblie par les précipitations abondantes.

L'incendie est maîtrisé en 40 min par les moyens d'intervention internes de l'établissement. Le volume d'hydrocarbures détruit dans l'incendie est estimé à 400 m³, et 25 000 l d'émulseurs sont consommés. Les dommages matériels sont estimés à 2,2 MF.

ARIA 7168 - 14/07/1995 - 15 - SAINT-GERONS

01.50 - Culture et élevage associés

Dans une exploitation agricole, un incendie se déclare dans 2 bâtiments de 800 m² abritant des bovins, du foin et du matériel agricole. Le matériel agricole et 60 t de foin sont détruits. La foudre est à l'origine de ce sinistre.

ARIA 7295 - 06/08/1995 - 50 - MARIGNY

28.29 - Fabrication de machines diverses d'usage général

A la suite d'un coup de foudre, un incendie dans une entreprise fabriquant des extincteurs détruit 200 m² d'ateliers. La présence d'un mur en parpaings permet de préserver les locaux adjacents, magasin et cabine de peinture.

ARIA 7348 - 22/08/1995 - 42 - VIOLAY

61.10 - Télécommunications filaires

Un transformateur au pyralène explose à la suite d'un coup de foudre. La totalité du pyralène (30 l) se répand dans le bac de rétention. Le produit sera détruit par une entreprise spécialisée.

ARIA 7508 - 02/05/1988 - 01 - BALAN

49.50 - Transports par conduites

A l'aube, la foudre frappe un joint isolant aérien situé sur une ligne d'alimentation aérienne d'un capteur de pression à 1,75 m d'une canalisation de transport à 80 bars. Il s'en suit une fuite d'éthylène qui s'enflamme.

Le personnel intervient en coupant l'arrivée de gaz et en refroidissant les structures métalliques voisines. Le feu est maîtrisé en 90 min. L'exploitant envisage d'effectuer une étude de protection contre la foudre.

ARIA 7545 - 05/10/1995 - 26 - MERCUROL

49.50 - Transports par conduites

Un impact de foudre perce un trou de 6 mm² sur un gazoduc traversant un verger et alimentant la commune de Tain L'Hermitage et enflamme la fuite. Cette canalisation de 100 mm de diamètre, 3,6 mm d'épaisseur et de 10 km de long transportant du gaz naturel sous 58 b, est enterrée à 1,2 m de profondeur.

Le parafoudre et l'armoire électrique du poste proche sont détériorés. Une réparation provisoire (pose d'un manchon) est achevée 8 h plus tard.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 7663 - 28/10/1995 - 79 - SAINT-VARENT

01.47 - Élevage de volailles

La foudre tombe sur un hangar de 84 m de long et d'une surface de 1 100 m². Le bâtiment est détruit en moins de 2 min et 8 400 dindes périssent carbonisées. La perte commerciale est estimée à 130 KF (10 t de viande) et les dommages matériels aux environs de 700 KF.

ARIA 7664 - 29/10/1995 - 79 - SAINT-AUBIN-DU-PLAIN

01.50 - Culture et élevage associés

Un incendie dû à la foudre détruit un hangar de 500 m² abritant du matériel agricole. Les pompiers interviennent durant 6h00 et évitent une extension du sinistre à un élevage de volailles et à une citerne de gaz.

ARIA 8885 - 18/05/1996 - 76 - LILLEBONNE

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Durant un violent orage, lors du changement d'équipe, une explosion survient dans une unité de synthèse de glyoxal. Elle est suivie de 2 autres explosions et d'un incendie qui détruisent l'unité. Un réservoir de 50 m³ est projeté à 200 m. Le POI est déclenché et 60 pompiers interviennent en utilisant une grande quantité d'eau. Les eaux d'extinction se déversent en partie dans la rivière.

Des sources radioactives sont prises dans le sinistre mais les contrôles de radioactivité restent négatifs. Des NOx sont émis. Il n'y a pas de blessé. Le coût de l'accident s'élève à 170 MF. La production est arrêtée pendant 2 semaines. Une expertise met en évidence une défaillance de l'alimentation électrique de secours.

ARIA 8909 - 18/05/1996 - 47 - ANDIRAN

10.61 - Travail des grains

La foudre éventre la cuve d'un transformateur contenant 315 kg d'askarel (PCB) dans un moulin. Une société spécialisée récupère le produit dans un bac de rétention.

ARIA 9664 - 02/08/1996 - 33 - LE HAILLAN

30.30 - Construction aéronautique et spatiale

La foudre tombe sur un paratonnerre protégeant un bâtiment d'assemblage de lanceurs et d'engins spatiaux. L'équipement est détérioré ainsi que le système de protection contre l'incendie. Une fuite de halon s'en suit. Les propulseurs sont mis en sécurité et l'atelier évacué et ventilé. Les intervenants susceptibles d'avoir respiré du halon sont examinés et aucune affection n'est détectée.

La reprise des activités dans cet atelier est subordonnée à la remise en état des systèmes de protection. Le système d'inertage a été affecté par des courants de foudre en retour qui ont créé un signal semblable au signal d'activation (signal résultant de l'activation de 2 détecteurs d'incendie). A l'avenir, les circuits électriques seront protégés par des parafoudres.

ARIA 9996 - 22/04/1996 - 78 - MANTES-LA-JOLIE

20.30 - Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics

Un violent incendie initié par la foudre se déclare dans une usine spécialisée dans la fabrication de peinture pour l'industrie automobile. Un atelier d'une superficie de 300 m² contenant les stocks de peinture, solvants vernis et résines est détruit. Attisé par un vent violent, le feu se propage à une entreprise voisine.

ARIA 10074 - 17/11/1996 - 13 - FOS-SUR-MER

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

A 3h45 sur un site chimique, une fuite d'isobutane se produit sur la bride d'un capteur de température, au sommet d'une colonne d'absorption de faible diamètre. Un feu initié par la foudre se déclare. Le dard formé atteint plusieurs mètres de long. L'usine est arrêtée et le POI est déclenché.

Malgré un refroidissement important de la zone concernée (1 500 m³/h d'eau), l'incendie est alimenté durant 5h30 par le gaz sous pression. Il est éteint à 9h45. La dépressurisation de la colonne s'achève à 3h40 et la fin d'alerte est donnée à 14h50. L'intervention a permis d'écartier le risque d'explosion des capacités surchauffées contenant du gaz. Les équipements périphériques ne sont pas endommagés. Il n'y a ni victime, ni dommage sur l'environnement.

Annexe 4

Accidentologie base de données ARIA

ARIA 10169 - 11/06/1997 - 93 - BOBIGNY

38.31 - Démantèlement d'épaves

Dans un établissement récupérant des matières métalliques recyclables, un feu se déclare sur un tas de 20 m³ de tournures et de limaille d'acier. Des travaux de soudures et une rafale de vent seraient à l'origine du sinistre. L'accident s'étant produit par temps orageux et en présence d'éclairs extrêmement violents, l'exploitant envisage quant à lui un possible impact de foudre (phénomène qualifié de rarissime).

L'inflammation de ces déchets normalement incombustibles est peut-être liée à la présence de traces d'huiles solubles. Aucune matière inflammable n'étant stockée à proximité, le feu est rapidement circonscrit par les pompiers ; un véhicule de tourisme garé à proximité est cependant détruit.

ARIA 11239 - 07/06/1997 - 78 - LA CELLE-SAINT-CLOUD

49.20 - Transports ferroviaires de fret

La foudre atteint un poste de régulation de tension abritant 19 condensateurs contenant chacun 5 l de PCB. Des riverains entendent une explosion, aperçoivent des fumées et alertent les pompiers. Une forte odeur est perçue sur place, 5 condensateurs sont déformés, 2 autres sont éventrés. Des morceaux de porcelaine et de micas ont été projetés hors de l'abri, 10 l de PCB se sont écoulés sur la dalle du poste qui est bâchée pour limiter toute dispersion de la pollution.

Les condensateurs sont évacués. Des analyses de sol sont effectuées. Tous les éléments (terre ou béton) dont la teneur en PCB est supérieure à 50 ppm sont excavés, mis en fûts et évacués. L'enlèvement des éléments contenant entre 10 et 50 ppm de PCB est réalisé dans un 2ème temps.

ARIA 11262 - 01/01/1988 - 84 - L'ISLE-SUR-LA-SORGUE

20.51 - Fabrication de produits explosifs

Dans une usine chimique, pendant un orage, des ouvriers procèdent à la remise en route d'une nitration après une coupure de courant. Un impact de foudre proche et une boule de feu sont observés, des flammes de quelques dizaines de cm apparaissent sur le couvercle du nitreur. Le feu est arrêté en 10 s par vidange de la chaîne de nitration (vide vite).

La foudre n'est pas tombée sur le paratonnerre proche mais sur le toit du bâtiment du réacteur, détériorant le calorifuge et des câbles situés à proximité de l'appareil. Des contrôles ont montré la conformité de l'installation électrique. L'incident est dû à un effet indirect de la foudre. Une étude du risque foudre est engagée. La date exacte de l'accident n'est pas connue.

ARIA 11562 - 04/08/1997 - 31 - TOULOUSE

20.15 - Fabrication de produits azotés et d'engrais

Dans une usine d'engrais, un atelier de synthèse d'ammoniac s'arrête à la suite de la défaillance d'un alternateur (orage). Les sécurités fonctionnent normalement, mais le gaz de synthèse (N₂ / H₂) émis à l'atmosphère s'enflamme à la cheminée (foudre ?). Alertés par le bruit et apercevant des flammes durant 15 mn, des riverains préviennent les pompiers.

Durant ce temps, l'exploitant a coupé l'arrivée de gaz naturel alimentant l'unité et mis les installations en sécurité. Les pompiers n'auront pas à intervenir. Une recherche des causes du dysfonctionnement de l'alternateur est effectuée.

ARIA 12150 - 11/06/1997 - 49 - CHOLET

93.19 - Autres activités liées au sport

Un transformateur au PCB explose lors d'un orage. Un intervenant externe enlève le transformateur et excave les sols pollués.

ARIA 12220 - 26/08/1972 - 44 - DONGES

50.20 - Transports maritimes et côtiers de fret

La foudre fait exploser un pétrolier en cours de ballastage après déchargement d'une cargaison de brut. Le port est fermé à la navigation. Une pollution se déclare sur une bande de 15 kilomètres en amont et en aval. Une seconde explosion a lieu détruisant les installations restantes de l'appointement. Deux opérateurs, le chauffeur d'un camion et 3 marins sont tués.

L'attaque du feu continue le lendemain et jusqu'au 02/09/72 pour refroidir les tôles. La pollution est neutralisée avec 38 800 l de cirexite, 96 t de nautex hydrophobe et les berges nettoyées avec 2 300 l de polyciens. Sur le bateau, il reste 3 100 t de produit pompé par des camions-citernes. Un barrage de 590 m est installé mais inefficace à cause des courants de marée.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 12937 - 27/05/1998 - 07 - VIVIERS

01.50 - Culture et élevage associés

Un incendie initié par la foudre ravage une ferme.

ARIA 12948 - 27/05/1998 - 30 - NIMES

46.69 - Commerce de gros d'autres machines et équipements

Un feu a lieu vers 18 h 45 dans un entrepôt de matériel électrique de 4 200 m² non compartimenté et sans exutoires de fumée. Les 5 employés encore présents, aveuglés par la fumée, quittent les lieux à 4 pattes. Une pluie violente rabat au sol la fumée irritante, les pompiers interviennent en ARI. D'importants moyens sont mobilisés.

Le feu gagne par brutales inflammations successives les stockages palettisés. Le flux thermique brûle des conifères pourtant détrempés à plusieurs m de la façade. L'intervention dure 3 h 30, un pompier est légèrement intoxiqué. Les dommages s'élèvent à 13 MF pour le bâtiment à reconstruire et à 17 MF pour la marchandise perdue. La foudre serait à l'origine du sinistre (362 impacts locaux en 12 h).

ARIA 14352 - 14/11/1998 - 45 - BONNEE

47.11 - Commerce de détail en magasin non spécialisé à prédominance alimentaire

Un incendie détruit un supermarché de 2 000 m² à une heure de grande affluence. Les fumées intoxiquent une quinzaine de personnes. En raison des risques d'explosions dus à la présence de 2 citernes de propane, les habitants des pavillons voisins sont évacués et la circulation est déviée. La foudre est à l'origine du sinistre.

ARIA 14741 - 08/07/1970 - 76 - LE HAVRE

YY.YY - Activité indéterminée

La foudre initie un incendie sur un réservoir de 80 000 t de pétrole. Les pompiers isolent le réservoir.

ARIA 14941 - 13/05/1986 - 32 - MARCIAC

31.09 - Fabrication d'autres meubles

Un incendie initié par la foudre détruit une fabrique de meubles.

ARIA 15215 - 14/08/1983 - 13 - CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES

19.20 - Raffinage du pétrole

Touché par la foudre, un réservoir à toit flottant prend feu dans une raffinerie.

ARIA 15238 - 01/08/1986 - 87 - SAILLAT-SUR-VIENNE

17.12 - Fabrication de papier et de carton

Un incendie initié par la foudre détruit 3 000 t de papiers de récupération dans un dépôt d'une papeterie.

ARIA 15689 - 25/06/1999 - 17 - LA ROCHELLE

16.10 - Sciage et rabotage du bois

Dans une scierie, un feu, initié par la foudre, se déclare dans un silo à sciures et se propage au bâtiment de sciage / rabotage par les conduits d'évacuation de sciure. Le bâtiment à structure métallique, avec lamellé-collé et bardage en bois, est détruit. Le reste de l'établissement et notamment l'installation de traitement du bois n'est pas atteint. Six employés sont en chômage technique. L'établissement ne disposait d'aucune protection contre la foudre contrairement aux dispositions prévues dans son arrêté d'autorisation.

ARIA 15749 - 01/07/1987 - 38 - LE PONT-DE-CLAIX

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une usine chimique produisant du chlore, une salle d'électrolyse s'arrête à la suite d'une micro-coupure électrique lors d'un orage. Une manœuvre inadaptée provoque une remontée de chlore gazeux sous pression dans une colonne non pressurisée située en amont d'un compresseur resté en fonctionnement. La tête de la colonne se soulève et 6 kg de chlore sont émis à l'atmosphère.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 15833 - 20/08/2002 - 39 - ARBOIS

20.30 - Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics

Un feu se déclare la nuit dans un bâtiment de stockage de 50 m² dans une usine de vernis dont les installations sont à l'arrêt. Ce local distant des autres installations abrite 5 t de nitrocellulose en cartons et sacs étanches de 20 kg ou fûts et sacs étanches de 200 l. L'incendie a détruit le stock et endommagé le bâtiment. Le flux thermique a détruit quant à lui une ligne électrique moyenne tension à l'aplomb du stockage et endommagé la clôture mitoyenne.

Les eaux d'extinction se sont déversées dans un ruisseau, mais aucun entraînement de suie n'a été constaté. Compte tenu de l'absence d'activité dans le local et de la présence de traces d'impact de foudre sur la ligne électrique, l'hypothèse d'un coup de foudre est privilégiée. Une personne est légèrement blessée. Un rapport est demandé à l'exploitant. La perte d'exploitation liée à la destruction du stock de nitrocellulose est évaluée à 15 000 euros.

ARIA 15849 - 13/07/1999 - 69 - BIBOST

01.50 - Culture et élevage associés

La foudre serait vraisemblablement à l'origine d'un début d'incendie dans les dépendances d'une ferme qui se propage sur 500 m². Aucune victime n'est à déplorer. Les pompiers maîtrisent rapidement le sinistre.

ARIA 15934 - 27/06/1999 - 43 - SAUGUES

01.46 - Élevage de porcins

Dans une porcherie, lors d'un orage, une coupure d'électricité provoque l'arrêt de la ventilation et la défaillance de l'ouverture automatique des volets d'aération du bâtiment : 234 porcs périssent asphyxiés.

ARIA 16089 - 06/07/1999 - 69 - GENAS

47.3 - Commerce de détail de carburants en magasin spécialisé

La foudre s'abat sur une station service. Le réseau informatique commandant le fonctionnement des pompes est endommagé : il sera rétabli le lendemain.

ARIA 16283 - 06/08/1985 - 59 - BOURBOURG

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Une explosion due à la foudre se produit sur 3 cuves de plusieurs centaines d'hectolitres d'alcool de betterave et embrase le dépôt.

ARIA 16412 - 25/09/1999 - 42 - SAINT-JULIEN-D'ODDES

01.50 - Culture et élevage associés

La foudre provoque un incendie dans une ferme.

ARIA 17923 - 10/06/2000 - 68 - SAINT-AMARIN

13.20 - Tissage

Un feu se déclare sur le toit du bâtiment de production d'une usine textile lors d'un violent orage. Le contremaître et les ouvriers présents alertent rapidement les secours. Aucun blessé n'est à déplorer, une dizaine de métiers à tisser et 8 m² de toiture sont endommagés ; la production est interrompue durant 3 jours. La foudre pourrait être à l'origine du sinistre.

ARIA 18325 - 24/07/2000 - 10 - ARCIS-SUR-AUBE

10.81 - Fabrication de sucre

Dans une distillerie, un bac de 5 000 m³ contenant 1 000 m³ d'éthanol à 96 % explose sur un impact de foudre puis s'enflamme. Le toit soulevé retombe dans le réservoir qui ne s'éventre pas, mais la vanne de pied de bac se fissure sous le choc. Un émulseur livré 2 h plus tard évite la propagation du feu à la cuvette de rétention de 1 000 m². L'incendie est éteint en 3 h et durant plus de 5 h les pompiers refroidiront 3 bacs voisins de 2 500 m³ soumis à la chaleur.

Leur état sera contrôlé avant reprise de l'activité. Lors de l'intervention, 23 000 l d'émulseurs stockés sur le site et 7 000 m³ d'eau (refroidissement compris) ont été utilisés. Un exercice POI réalisé 2 mois plus tôt sur un scénario comparable impliquant l'un de ces bacs a facilité l'intervention. Le préjudice est évalué à 30 MF (dont 2,5 MF d'alcool détruit et 3 MF d'émulseur). Les eaux d'extinction (1 500 m³)

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

collectées dans des rétentions seront diluées dans une lagune. Un organisme tiers vérifiera les installations électriques du stockage. Les pare-flammes sur les événements et valves de respiration des bacs préconisés 18 mois plus tôt lors d'une étude des risques liés à la foudre n'étaient pas installés. L'exploitant est mis en demeure d'installer ces dispositifs sous 1 mois. Un suivi journalier de la qualité de la nappe sera réalisé durant 7 jours, puis hebdomadairement pendant 3 semaines ; aucun impact sur la nappe ne sera détecté.

ARIA 18331 - 24/07/2000 - 24 - EXCIDEUIL

16.23 - Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries

La foudre provoque un incendie dans une menuiserie-ébénisterie.

ARIA 18563 - 03/06/2000 - 73 - SAINT-MARCEL

20.13 - Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base

Sur un site produisant du sodium et du chlore, plusieurs rejets de chlore ont lieu lors de la montée en puissance d'une nouvelle salle d'électrolyse. Ainsi lors d'orages le 3 juin, des déclenchements de compresseurs durant plusieurs heures provoquent des arrêts des redresseurs qui leur sont asservis et des salles d'électrolyse. Des bouffées de 20 et 18 kg de Cl₂ lors de 2 de ces arrêts sont perçues dans un village voisin (odeurs).

Ces dysfonctionnements résultent du maintien en service pour une raison inexpliquée d'un redresseur lors de l'arrêt des compresseurs. Le non-respect d'une procédure et des défauts de conception sont notés : compresseurs à démarreur électrique et dont le pilotage en fréquence augmente la sensibilité aux microcoupures et aux variations de tension, vannes ouvertes en position de sécurité, risques de dégradation d'une garde hydraulique. La garde est supprimée, un onduleur est installé, des automatismes sont modifiés, les compresseurs sont régulés sur la vitesse, etc.

ARIA 19539 - 04/07/2000 - 76 - GRAND-COURONNE

52.29 - Autres services auxiliaires des transports

Une coupure électrique de 5 s est provoquée par un coup de foudre sur un câble d'alimentation électrique de 225 kV. Cette situation endommage une des machines, qui est arrêtée pendant 2,5 j. Les dégâts sont compris entre 4 et 5 MF.

ARIA 19716 - 19/08/2000 - 37 - AVOINE

24.46 - élaboration et transformation de matières nucléaires

Le système de retransmission des informations de surveillance d'un site nucléaire, en période de nuit, est rendu inopérant par la foudre. Certaines unités comme celle traitant des matériaux irradiés ne bénéficient pas, du fait des activités qui s'y déroulent, de présence humaine permanente, contrairement à la plupart des autres installations nucléaires.

En dehors des heures ouvrables, les informations pertinentes comme les alarmes sont retransmises au poste principal de surveillance du site. Un samedi, en début de soirée, la foudre rend inopérant le dispositif de transmission pendant une dizaine d'heures. De ce fait, la ligne de défense reposant sur l'intervention humaine en cas d'anomalie a disparu.

La sûreté n'a reposé que sur les dispositifs techniques en place et opérationnels, dispositifs dont l'exhaustivité et l'efficacité ne sont jamais complètement acquis. Dès la découverte de cette coupure de retransmission, le personnel d'astreinte a mis en place une surveillance humaine jusqu'au rétablissement et à la requalification du système défaillant. Des pannes analogues ont été découvertes sur d'autres systèmes de retransmission du site. Compte tenu de la dégradation momentanée du niveau de sûreté des installations concernées, l'incident est classé au niveau 1 de l'échelle INES.

ARIA 20354 - 25/01/2001 - 79 - NIORT

38.31 - Démantèlement d'épaves

Un feu se déclare la nuit sur des carcasses de véhicules dans une entreprise récupérant et recyclant des déchets métalliques. D'importants moyens d'intervention sont mobilisés durant 4 h avant de maîtriser l'incendie. L'exploitant dégagera lui-même à l'aide d'un grappin les véhicules stockés sur 300 m² et 5 m de hauteur. Les dommages matériels sont limités. Un violent orage serait à l'origine du sinistre.

ARIA 20662 - 04/07/2001 - 21 - TERNANT

01.50 - Culture et élevage associés

Un incendie dû à la foudre se déclare dans une ferme. Les propriétaires commencent à éteindre le feu au moyen d'extincteurs avant l'arrivée des pompiers.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 20835 - 28/07/2001 - 38 - CROLLES

26.11 - Fabrication de composants électroniques

Dans une usine de microélectronique, un incendie se déclare dans un atelier (gravure de circuit), à partir d'un des dispositifs de traitement des gaz équipant les machines de fabrication. Ce dispositif assure l'incinération des gaz de procédé (riches en C_2F_6) à l'aide de méthane puis le refroidissement à l'eau avant entrée sur l'installation générale de traitement des gaz du site (avec laveurs). Équipant chacune des 19 machines, il est muni de diverses sécurités : débit et pression d'eau provoquant la mise en sécurité du site, température d'incinération, détection de méthane et de fluor asservis chacun à la coupure de l'alimentation en méthane, niveau d'eau).

La chronologie probable est la suivante : de violents orages conduisent à la destruction de la commande des pompes d'approvisionnement en eau et à la chute de la pression du réseau. Les alarmes qui apparaissent ne provoquent pas l'arrêt du dispositif d'abattement des gaz, comme prévu. Le personnel d'astreinte est appelé. Une alarme sur détection de CH_4 apparaît sans provoquer la fermeture de la vanne d'alimentation. Le personnel est évacué, le POI déclenché. 3 têtes de sprinklers sont activées au droit d'une seule machine. Les pompiers sont appelés. A l'aide du réseau d'eau de secours et après coupure générale d'alimentation en gaz, le sinistre est maîtrisé. Les effluents sont drainés vers la station de traitement du site. La procédure d'alimentation eau secours est revue.

ARIA 20844 - 29/07/2001 - 17 - ARTHENAC

11.01 - Production de boissons alcooliques distillées

Un incendie détruit en 1 h un bâtiment de 2 niveaux de 800 m² abritant une distillerie contenant 50 hl d'alcool pur. L'intervention d'une quarantaine de pompiers avec d'importants moyens en émulseur ne permet pas de sauver la chaîne de production, le stockage de bouteilles prêtes à l'expédition et les bureaux. Un orage survenu 1 h 30 plus tôt aurait provoqué une surtension électrique avec coupure de courant, rétabli par réenclenchement du disjoncteur par l'exploitant, mais initiant un feu couvant à l'origine de l'incendie.

ARIA 20960 - 17/08/2001 - 54 - NANCY

46.69 - Commerce de gros d'autres machines et équipements

Pendant un orage (coup de foudre direct ? surtension provoquant un court-circuit électrique ?) un incendie se déclare dans l'entrepôt d'une société de commerce de gros de pièces en caoutchouc. 20 personnes sont au chômage technique.

ARIA 21493 - 27/07/2001 - 17 - PUYRAVAULT

01.50 - Culture et élevage associés

La foudre provoque un début d'incendie dans un silo de blé. Les pompiers maîtrisent l'incendie et vident pendant une grande partie de la nuit les 400 t de blé de la cellule concernée.

ARIA 22776 - 30/07/2002 - 26 - HOSTUN

01.47 - Élevage de volailles

Quelque 4 400 poulets périssent carbonisés dans l'incendie d'un poulailler de 400 m². La foudre pourrait être à l'origine de cet incendie car plusieurs orages importants sont survenus dans la nuit.

ARIA 22796 - 30/07/2002 - 79 - DOUX

49.41 - Transports routiers de fret

Un incendie se déclare sur un stock de palettes et d'emballages cartons d'un bâtiment industriel de 12 000 m² (75 % détruits). Six des 57 employés sont en chômage technique. La foudre serait à l'origine du sinistre.

ARIA 23150 - 03/09/2002 - 2B - BRANDO

37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Sur un réseau d'assainissement, une pompe de refoulement des eaux usées est endommagée par la foudre lors d'un orage. Le réservoir tampon stockant les eaux usées atteint son niveau maximum, puis les effluents à traiter se déversent dans la rivière rejoignant la mer. Le dispositif de télésurveillance en place n'a pas fonctionné en raison d'une panne du réseau téléphonique le même jour. L'odeur nauséabonde fait réagir les riverains qui alertent la mairie. Par précaution, la baignade est interdite dans l'attente des résultats des analyses de l'eau de mer effectuées pour déceler une éventuelle trace de pollution.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 23626 - 05/12/2002 - 64 - BAYONNE

35.22 - Distribution de combustibles gazeux par conduites

Vers 4h, un feu, initié par la foudre, se déclare d'abord sur les câbles électriques des caténaires, puis se propage à une canalisation de gaz sous pression, située près de la voie ferroviaire. La conduite se rompt et le gaz s'enflamme formant une grande torchère. Le trafic des TGV et des TER est interrompu. L'incendie est maîtrisé vers 10h15. Le trafic est rétabli au ralenti à partir de 11h.

ARIA 24526 - 05/05/2003 - 27 - CARSIX

47.52 - Commerce de détail de quincaillerie, peintures et verres en magasin spécialisé

Vers minuit, un feu se déclare dans un magasin de bricolage de 3 000 m². L'incendie se propage à la réserve abritant 2 000 l d'alcool, des bouteilles de gaz inflammables et de nombreux produits chimiques. La route nationale est déviée. Les conditions d'intervention sont délicates pour les 80 pompiers. Devant la quantité de substances inflammables, ils doivent découper les rideaux métalliques protégeant les entrées du magasin pour installer suffisamment de lances. Un important volume d'eaux d'extinction se déverse dans un bassin de rétention qui déborde.

Les eaux polluées se répandent dans le milieu naturel avant de pénétrer dans le captage intercommunal. La population est invitée à boire de l'eau en bouteille. Deux pompiers sont légèrement blessés durant l'intervention. La surface de vente est détruite, mais la réserve intérieure est préservée. Le montant des dommages est évalué à la valeur du stockage (4 M euros) et 65 personnes sont en chômage technique. La foudre pourrait être à l'origine du sinistre.

ARIA 24825 - 15/06/2003 - 01 - SAINT-JUST

22.29 - Fabrication d'autres articles en matières plastiques

Un incendie détruit le bâtiment de 500 m² d'une usine de transformation de matières plastiques. La foudre s'est abattue sur le bâtiment à la suite d'une alerte météo prévoyant de violents orages sur la région, accompagnés de phénomènes électriques importants. Le feu est éteint au bout de 2h, 11 employés sont en chômage technique.

ARIA 25147 - 02/06/2003 - 69 - GENAY

20.16 - Fabrication de matières plastiques de base

Vers 17h45, un orage provoque des dommages immédiats et différés dans une usine de matières plastiques. Les opérateurs constatent une perte de puissance électrique momentanée, suivie de la perte des lignes téléphoniques passant par le standard, ainsi que la destruction de 3 caméras de surveillance du parking. Plus tard vers 4h45, une alarme signale un manque d'eau sur les ateliers à 1,5 bar. Un seul réacteur était en cours de polymérisation, le système arrête les injections de monomère et de catalyseur et la température d'abord stable décroît ensuite lentement. Un distillateur qui fonctionnait dans un atelier sur un circuit de tour de refroidissement a pu finir sa distillation.

Tous les appareils sont alors arrêtés. Après analyse, le manque d'eau est dû à l'arrêt des pompes d'alimentation du château d'eau lors de l'orage ; le système d'alerte du niveau bas vers la société chargée de l'exploitation n'a pas fonctionné par manque de puissance électrique et la zone industrielle a consommé le volume disponible du château entre 17h45 et 4h45. La remise en route du réseau d'eau de la zone est progressive et la pression d'eau est rétablie vers 9h00. L'incident qui n'a aucune conséquence sur l'environnement, a cependant placé la société en situation de sécurité fortement dégradée. L'inspection demande à l'exploitant une analyse de la sécurité d'exploitation de ses installations. Cette analyse et les dispositions associées devront ensuite être intégrées à l'étude de danger de l'établissement.

ARIA 25440 - 28/08/2003 - 42 - SAINT-VINCENT-DE-BOISSET

13.30 - Ennoblement textile

Un bâtiment de 800 m² contenant des échantillons et des rouleaux de tissus est détruit par un incendie d'origine accidentelle. Le feu se déclare vers 12 h dans un ancien bâtiment agricole attenant à une grosse maison bourgeoise où sont installées 2 sociétés de négoce de tissus. Les salariés présents dans les bureaux évoquent la foudre, 2 explosions ayant été entendues avant le début de l'incendie. L'épaisse colonne de fumée noire est visible à des kilomètres.

La route voisine est partiellement coupée pendant la durée de l'intervention. L'alimentation en gaz est coupée par le service d'urgence du gaz. Le bâtiment est arrosé pendant plus de 2 h avec plusieurs lances.

Malgré ce dispositif, le feu se propage rapidement par le toit, favorisé par le caractère inflammable des produits stockés à l'intérieur. Le feu est circonscrit vers 14 h 30. Les pompiers parviennent à préser-

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ver les bureaux et un autre bâtiment comprenant un atelier de broderie, mais les 2/3 du bâtiment principal et la quasi totalité du stock sont détruits. Une surveillance est maintenue jusqu'au lendemain pour prévenir tout nouveau départ de feu. Les dégâts matériels sont très importants, mais la sauvegarde des bureaux devrait permettre la poursuite de l'activité des 2 sociétés sans recourir au chômage technique.

ARIA 25463 - 30/08/2003 - 29 - PLOUIGNEAU

01.46 - Élevage de porcs

8 000 porcs périssent carbonisés dans l'incendie d'une porcherie de 15 000 m² et 3 000 autres doivent être euthanasiés. La foudre serait à l'origine de l'incendie. Pendant 2 jours, les employés et de nombreuses autres personnes venues spontanément apporter leur aide à l'exploitant dégagent et chargent sur des camions à destination de l'équarrissage les 500 t de bêtes calcinées. Compte tenu de la présence d'amiante et des risques d'effondrement, les 200 personnes mobilisées évoluent sur le chantier avec des équipements de protection.

ARIA 25617 - 22/09/2003 - 30 - SAINT-GILLES

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une unité de production d'alcool éthylique de fermentation, la foudre s'abat sur un bac de stockage d'alcool de 1 000 m³ pratiquement vide qui s'éventre et s'enflamme. Les pompiers et le personnel maîtrisent le sinistre. L'alcool et la mousse d'extinction sont confinés dans la cuvette de rétention. Un dispositif de surveillance reste en place pour éviter une nouvelle inflammation de l'alcool. Le centre opérationnel des secours lève ensuite le PPI.

ARIA 26503 - 26/10/1967 - NC -

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans une raffinerie, un incendie se déclare dans une unité d'hydrotraitement. Le feu est causé par l'éclatement d'un tube de four lors d'un délestage inopiné. L'événement se produit après un orage (¾ h) qui a provoqué notamment des baisses de tension au niveau de l'unité puis 2 coupures. L'unité redémarre quand l'accident se produit. L'orage entraîne aussi d'autres effets au niveau du site: perturbations sur le réseau alimentant l'usine, arrêt des utilités, quasi inondation de la sous-station électrique. L'accident ne fait pas de blessé.

ARIA 26535 - 16/06/1986 - NC -

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans une raffinerie, durant un orage, la foudre tombe sur une unité de distillation sous vide, au niveau des événements de l'unité et de ceux de la stabilisation des essences. Après investigation, il s'est avéré qu'une fuite préexistait au niveau des soupapes. L'injection de vapeur qui avait été tentée au niveau des événements pour éteindre la flamme n'a pas fonctionné, la ligne étant bouchée.

ARIA 26577 - 26/02/1969 - NC -

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans une raffinerie, un incident se produit sur une colonne de prédistillation (diam. 4,5 m et Haut. 35 m) dans une unité de distillation atmosphérique. Lors d'un violent orage, une soupape s'ouvre et rejette du pétrole brut à l'extérieur, les retombées couvrant environ 800 m².

Compte-tenu de la température ambiante (0 °C), le réseau d'égout était obstrué par les grêlons. La pression dans la tour étant montée à 9 bar mais ni le capteur de niveau, ni l'alarme correspondante n'avaient fonctionné. La cause de l'accident serait due à la foudre. Aucune conséquence autre n'est mentionnée.

ARIA 26579 - 26/05/1977 - NC -

19.20 - Raffinage du pétrole

Une explosion a lieu sur un four de l'unité de distillation atmosphérique d'une raffinerie. Un violent orage entraîne divers incidents sur l'unité, dus à des coupures de courant. Le four est donc arrêté puis remis en marche environ 4 h plus tard. Environ 45 min après le redémarrage, les chaudières déclenchent à cause du manque de fuel et subissent une perte de pression sur le réseau vapeur.

Il s'en suit une chute de pression d'air au niveau de l'instrumentation, l'effondrement du réseau fuel gaz, ainsi qu'une chute de pression au niveau des pilotes, dont ceux notamment du four en question qui se sont éteints. L'explosion se produit alors dans le four par autoallumage des gaz accumulés. L'origine du sinistre provient des mauvaises conditions météorologiques : tandem foudre/orage.

Annexe 4

Accidentologie base de données ARIA

ARIA 27506 - 27/06/2004 - 70 - LOEUILLEY

20.30 - Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics

Dans une usine de peinture et de vernis, un départ de feu a lieu dans un local abritant 1,7 t de nitrocellulose et 20 t de produits inertes. Le bâtiment de 250 m² au sol et de 10 m de hauteur, sans étage mais avec une charpente en bois couverte de tuile, brûle immédiatement. Les pompiers de la commune aidés du personnel de l'établissement interviennent en 1er secours. Le bâtiment contigu contenant des résines solvantées est protégé des flammes par les pompiers, la proximité de la VINGEANNE permettant l'approvisionnement en eau de façon suffisante pour éteindre l'incendie du bâtiment lui-même et refroidir le mur du bâtiment accolé à ce dernier. La route voisine est coupée pour éviter les conséquences des fumées en cas de rabattement.

L'inflammation de la nitrocellulose étant immédiate, la fumée est montée verticalement et s'est dispersée dans l'atmosphère. Après extinction du feu, le bâtiment brûlé reste sous surveillance. Le 11 juin dernier, un feu s'était déjà produit dans l'établissement, la foudre étant tombée sur la toiture. Une reprise de l'incendie de cette charpente est possible ; un expert judiciaire est nommé. A la suite de cet accident, il est décidé de ne plus stocker des produits nitrocellulose avant la reconstruction du bâtiment. La quantité nécessaire journalière sera alors stockée dans une entreprise voisine. Par ailleurs, cet établissement aurait du faire l'objet d'une étude foudre. L'administration constate les faits. L'exploitant s'engage à commander cette étude et doit également fournir un rapport d'accident.

ARIA 27885 - 07/09/2004 - 31 - SAINT-ALBAN

YY.YY - Activité indéterminée

Un feu initié par la foudre se déclare sur un stock extérieur de balles de papier. L'incendie se propage à un bâtiment industriel de 150 m².

ARIA 28591 - 21/07/2004 - 81 - SAINT-SULPICE

18.12 - Autre imprimerie (labeur)

Lors d'un orage, la foudre endommage gravement l'automate de l'épurateur de rejets atmosphériques d'une imprimerie. Un éclair parcourt les ateliers sans aucune autre conséquence cependant. Un arrêté préfectoral est signé le lendemain, après consultation du CDH, pour imposer l'arrêt de la production jusqu'à la fin des réparations. L'exploitant renforce la protection contre la foudre de ses installations.

ARIA 28786 - 10/10/2004 - 31 - TOULOUSE

46.72 - Commerce de gros de minerais et métaux

Dans un box du hall de réception d'une fonderie de plomb, un feu se déclare un dimanche matin à la surface d'un tas de 3 000 t de batteries à recycler. L'établissement ne fonctionnant pas le week-end, c'est le rondier de l'entreprise voisine qui alerte les pompiers. En l'absence de responsable sur les lieux, les secours sont contraints de forcer l'entrée du site (déclenchant alors l'alarme anti-intrusion qui avertira l'exploitant) et de percer le bardage supérieur à l'arrière du bâtiment, puis celui séparant les zones de broyage et de réception.

Ils maîtrisent l'incendie qui est resté de faible ampleur et ne détectent ni émission de vapeurs chlorées, ni valeur de pH anormale des eaux d'extinction stockées dans le bassin de décantation du site. Les batteries sont contrôlées (corps étrangers, quantités d'eau) lors de leur réception, puis cassées pour les vider de leur acide et les décharger. Selon l'exploitant, le feu qui ne s'est pas déclaré en profondeur, n'aurait pas été généré par les batteries elles-mêmes, mais par un coup de foudre dans la nuit. Les batteries avaient été ainsi stockées plusieurs jours avant l'incendie.

Averti par l'exploitant le jour de l'accident, l'inspecteur des installations classées se rend sur place le lendemain matin et lui demande un rapport détaillé de l'accident accompagné des actions préventives et correctives envisagées, de la dernière étude 'foudre', ainsi qu'une évaluation par un laboratoire privé de l'impact des fumées émises à l'atmosphère lors du sinistre. La DRIRE constate que le long de la clôture du site des équipements posés à terre entrave le faisceau des cellules anti-intrusion, que des collecteurs de batteries stockés hors du bâtiment auraient pu gêner l'entrée des secours dans les locaux, que le tas de batteries dépasse par endroit la hauteur du mur du bâtiment de réception et s'appuie sur le bardage en le fragilisant et que le volume de la cuvette de rétention de la cuve de H₂SO₄ est insuffisant. L'exploitant équipe le hall sinistré de détecteurs de flammes et de fumées activés hors période d'exploitation et reliés à un personnel d'astreinte ou à une société de gardiennage.

ARIA 29439 - 10/09/2004 - 17 - LE FOUILLOUX

02.20 - Exploitation forestière

Dans la nuit, la foudre met le feu à un stock de 50 m³ de billes de bois dans une exploitation forestière. Les flammes se propagent à un camion stationné à proximité. Un automobiliste alerte les secours.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 30130 - 14/06/2005 - 38 - SERPAIZE

52.10 - Entreposage et stockage

Lors du pompage d'un lot de naphtha, Une fuite d'hydrocarbure se produit dans l'enceinte du dépôt sur une bretelle de pipeline acheminant le produit vers la raffinerie, située à quelques km. Ce phénomène est la conséquence d'un à-coup de pression dans la conduite de 12" ayant entraîné l'ouverture d'une soupape de sécurité et la destruction partielle d'un joint de bride en amont de cette soupape.

Cet à-coup de pression est lié à la perturbation d'exploitation du pipeline rencontrée par l'opérateur à la suite d'un violent orage (foudre) en début de soirée dans le secteur de Chalon-sur-Saône. Selon l'exploitant, aucune conséquence notable sur l'environnement n'est constatée, la coordination entre l'opérateur du pipeline et l'exploitant du dépôt étant jugée bonne et l'intervention des équipes du site rapide. Le produit épandu est récupéré, mais une forte odeur a cependant pu générer des nuisances pour le voisinage.

ARIA 30199 - 24/06/2005 - 57 - SAINT-AVOLD

20.16 - Fabrication de matières plastiques de base

Une coupure d'alimentation du réseau électrique affecte vers 19h50 une usine de matières plastiques de base sur une plateforme pétrochimique. L'interruption, d'une durée longue pour les fabrications en cours (plus de 2 min), entraîne la mise en sécurité des ateliers. Le POI est déclenché. Les unités sont arrêtées à 20h15. Dans ces circonstances, les ateliers envoient les fabrications en cours vers les 2 torchères du site.

La combustion des effluents génère d'abondantes fumées qui se dispersent dans l'atmosphère avec des conditions météorologiques orageuses particulières. Les groupes diesel de sécurité de l'atelier polystyrène assurant le relais dans ce cas ne démarrent pas assez vite pour assurer le refroidissement des réacteurs des lignes 1 et 2 durant la phase d'arrêt de l'atelier.

Un emballement de réaction se produit, les disques de rupture de 2 réacteurs de la ligne 1 et d'un 3ème sur la ligne 2 éclatent, entraînant l'émission à l'atmosphère de 8 t de styrène. Les conditions météo étant défavorables (vent faible), le nuage inconfortable 3 riverains de la commune de l'Hôpital et 2 personnes de celle de Lauterbach en Allemagne, dont un enfant qui est hospitalisé durant 4 j.

Les capteurs proches de la plate-forme pétrochimique ont relevé entre 19 et 21 h des concentrations élevées de poussières, de SO₂ (585 µg/m³ en quart horaire) et d'orthoxyène (535 µg/m³ en quart horaire) correspondant probablement à du styrène (structure chimique voisine). Les teneurs élevées en SO₂ peuvent être dues à des ateliers du site, mais aussi à la cokerie.

En effet, un pot de purge de condensat s'est auto-enflammé vers 16 h sur la canalisation de gaz de la cokerie alimentant la centrale thermique voisine. Les secours ont rapidement maîtrisé la situation. La coupure d'alimentation électrique a entraîné des pertes de production de 0,5 à 2 M euros. En application de l'arrêt d'urgence du 6/07/05, l'exploitant a établi un rapport sur les causes de dysfonctionnement des groupes électrogènes, amélioré le séquentiel de démarrage, complété l'étude de danger et le POI.

Ces actions ont permis le redémarrage de l'atelier. L'inspection des installations classées propose un arrêté complémentaire étendant à l'ensemble de la plate-forme chimique le contrôle du fonctionnement des groupes électrogènes de secours et la réalisation d'une étude définissant les points d'émission potentiels en cas d'incident, la nature et la quantité des produits pouvant être rejetés.

ARIA 30325 - 18/07/2005 - 59 - DENAIN

20.11 - Fabrication de gaz industriels

Un feu se déclare sur un réservoir de 9 t d'éthylène dans une usine de fabrication de gaz industriels. Les pompiers maîtrisent l'incendie avec 2 lances et grâce au dispositif d'inertage à l'azote. L'origine de l'inflammation serait une surcharge d'électricité statique liée au temps orageux.

ARIA 30838 - 23/07/2005 - 54 - BLENOD-LES-TOUL

YY.YY - Activité indéterminée

Lors d'un orage, la foudre tombe vers 20 h sur un entrepôt de mobilier scolaire. Le feu prend dans le matériel et le mobilier prêt à être monté et livré à la veille de la rentrée scolaire. Bien que les dégâts matériels soient très importants, les pompiers évitent la propagation du sinistre à un entrepôt voisin.

ARIA 30892 - 09/09/2005 - 13 - CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES

19.20 - Raffinage du pétrole

Une raffinerie perd l'alimentation électrique lors d'un violent orage. Les unités sont mises en sécurité à la suite de l'arrêt des chaudières.

Annexe 4

Accidentologie base de données ARIA

ARIA 30894 - 10/09/2005 - 13 - BERRE-L'ETANG

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Un violent orage provoque plusieurs incidents sur un site industriel. Le poste général de distribution électrique est foudroyé entraînant de nombreuses perturbations électriques, avec notamment la perte d'équipements, la mise en sécurité de plusieurs installations et par conséquent des émissions à la torche durant plusieurs heures.

En début de nuit, 2 feux se déclarent sur une garniture de pompe et sur une ligne calorifugée sans qu'aucune conséquence ne soit relevée. Enfin, les stations d'épuration du site sont confrontées à un important afflux d'eau nécessitant l'installation de barrages flottants sur l'étang proche face aux émissaires de l'usine.

ARIA 31773 - 18/05/2006 - 84 - SORGUES

20.16 - Fabrication de matières plastiques de base

Une inflammation se produit sur un réacteur contenant 900 kg de triméthylolpropane au premier étage d'un des bâtiments d'une usine chimique. Le site est évacué. Les énergies sont coupées et la ventilation des locaux est effectuée après la baisse de température du réacteur. Un employé brûlé au 2ème degré au visage et au 1er degré aux bras, est hospitalisé et un autre est en état de choc. D'après les chimistes de l'entreprise, l'accident serait lié à la foudre.

ARIA 32016 - 24/07/2006 - 80 - AMIENS

37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Un rejet d'eaux résiduaires noires pollue la SELLE et atteint mortellement la faune aquatique. L'alerte est donnée le lendemain, dans la matinée. La pollution fait suite à la défaillance d'un poste de relevage de la station d'épuration de la ville, occasionnant le déversement direct des eaux résiduaires (issues d'une teinturerie) dans le milieu naturel via le trop-plein. Le disjoncteur général du poste, alors à l'arrêt, est à l'origine de l'accident. Sa mise sous tension permet un retour à la normale.

Ce dysfonctionnement serait dû soit au vandalisme (traces de coups repérées sur l'armoire électrique), soit aux fortes chaleurs. La télésurveillance du réseau fonctionnait par ailleurs en mode dégradé : un orage quelques jours plus tôt ayant détruit l'équipement de télétransmission de la station de relèvement, les informations de défauts ne parvenaient plus au poste de surveillance. Ces organes de sécurité n'avaient pu être remplacés à cause d'une rupture du stock de l'atelier de maintenance, de nombreux remplacements d'équipements ayant dû être opérés depuis le début du mois en raison des fréquents orages.

ARIA 32075 - 19/07/2006 - 16 - COGNAC

46.34 - Commerce de gros de boissons

Un feu, dû à la foudre se déclare vers 20h sur la toiture d'un chai abritant 5 000 hl d'eau de vie. Les flammes se propagent sur 15 m² et menacent d'autres chais. Les secours maîtrisent le sinistre à l'aide de 3 lances, dont une montée sur échelle. Ils mettent en place des dispositifs d'éclairage, dégarnissent la toiture sur 40 m², utilisent une caméra thermique pour parfaire l'extinction et surveillent le site durant le reste de la nuit. Un pompier se blesse lors de son intervention.

ARIA 33011 - 26/05/2007 - 43 - LES VILLETES

43.11 - Travaux de démolition

Dans une entreprise de travaux publics, la foudre s'abat sur un garage et endommage un aérotherme à gaz situé sous la toiture. La canalisation d'alimentation en gaz s'enflamme et l'incendie se propage à un broyeur à bois. Un automobiliste donne l'alerte et un employé ferme la vanne d'alimentation. Les pompiers interviennent et maîtrisent le sinistre en 1 h à l'aide de 3 lances à mousse puis refroidissent le stockage de pneus à titre préventif. Aucun chômage technique n'est à déplorer.

ARIA 33092 - 09/06/2007 - 02 - VERVINS

46.21 - Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

La foudre atteint un transformateur électrique desservant un silo d'une coopérative agricole, provoquant une fuite de 357 kg de PCB (polychlorobiphényle). Le produit se déverse dans le bac de rétention du transformateur puis en déborde et s'écoule dans la bouche d'égout située à quelques mètres. Les secours obturent les égouts, établissent un périmètre de sécurité de 100 m, entraînant l'évacuation de 10 riverains et de 4 personnes d'entretien de la société. Cinq personnes travaillant près du lieu de l'incident et ayant marché dans le produit, dont 1 avec contact direct sur l'avant bras, sont transportées vers le

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

centre hospitalier de St-Quentin pour être décontaminés. Les riverains regagnent leurs domiciles et restent confinés. Pour éviter une contamination par les égouts pluviaux, la conduite sera nettoyée par une société spécialisée.

ARIA 33120 - 06/06/2007 - 47 - LE PASSAGE 10.91 - Fabrication d'aliments pour animaux de ferme

Dans une usine de fabrication d'aliments pour animaux de ferme, un feu se déclare vers 20h30 sur un transformateur électrique et se propage aux combles du bâtiment et à la gaine d'aspiration du biofiltre de 1,6 m de diamètre sur 100 m de long enflammant les dépôts de poussières et de graisses animales qui s'y trouvent. Le personnel est évacué. Toutes les aspirations sont arrêtées pour éviter un phénomène de "tirage" et les vannes au niveau de la gaine d'aspiration du filtre biologique sont fermées pour empêcher la propagation du feu à d'autres ateliers.

Les secours travaillent sur 3 secteurs : attaque du feu, protection des silos et reconnaissance dans les silos à l'aide d'une caméra thermique. Ils rencontrent des difficultés pour l'extinction du feu à l'intérieur de la gaine mais maîtrisent finalement le sinistre vers 0h30. Ils éteignent les points chauds résiduels, surveillent le site pendant la nuit et quittent les lieux à 8h15. Les eaux d'extinction sont dirigées vers la lagune de stockage. Deux pompiers sont légèrement blessés et d'importants dommages matériels sont à déplorer au niveau de la gaine d'aspiration du biofiltre, des moteurs d'entraînement des cuiseurs, de la salle du transformateur et des 2 armoires de commandes des cuiseurs.

L'accident est aussi à l'origine de la perte de flore dans le média de tourbe et bruyère du biofiltre entraînant son dysfonctionnement et donc des nuisances olfactives pour lesquelles des plaintes sont déposées les jours suivants. Outre les conséquences techniques évaluées à 841 400 euros, les pertes d'exploitation sont estimées à 140 000 euros : 634 t de matières de catégories 1 et 2 et 379 t de sang détruites. Ces matières sont traitées par des sociétés spécialisées.

L'incendie est dû à un condensateur qui a pris feu, probablement suite aux variations de tension provoquées par les orages particulièrement importants de la nuit précédente. L'exploitant crée un nouveau local extérieur pour le transformateur indépendant des ateliers, plus facile d'accès et dans une ambiance thermique plus appropriée. Il pose des vannes d'isolement sur les tuyauteries d'aspiration sensibles des appareils menant à la gaine d'aspiration du biofiltre afin de limiter la propagation d'un feu vers la gaine principale d'aspiration, évitant ainsi des dégâts supplémentaires sur les outils de traitement environnementaux. Il met en place une surveillance accrue des échauffements en faisant effectuer des mesures par thermographie à infrarouge par une société spécialisée en plus des mesures de températures déjà faites en interne sur le matériel électrique. Enfin, il augmente la fréquence de nettoyage des gaines de meunerie.

ARIA 33277 - 19/07/2007 - 42 - SOUTERNON 01.50 - Culture et élevage associés

Un feu se déclare vers 20h20 dans un bâtiment agricole. Les secours éteignent l'incendie en 2 h avec 3 lances à débit variable puis déblaient les décombres. Un compteur électrique atteint par la foudre est à l'origine du sinistre.

ARIA 33544 - 05/07/2006 - 81 - MAZAMET 13.99 - Fabrication d'autres textiles n.c.a.

Dans une usine de fabrication de feutres textiles pour l'automobile, un début d'incendie se déclare au niveau du local transformateur comportant une unité de transformation de 630 KVA. L'origine de l'incendie est liée à l'action directe ou indirecte de la foudre sur le site ou dans sa proximité au cours de la journée du 5/07/06. Le feu a été entretenu par la combustion de résidus d'huile contenus dans le bac de rétention réglementaire (volume inférieur à 1 L). Le contrôle de la quantité de diélectrique (sans PCB) contenu dans le compartiment du transformateur, effectué par la société sous-traitante montre que celle-ci est conforme au niveau de remplissage. L'examen du transformateur ne montre pas de boursoufflures présentes en cas de coup direct de foudre, l'absence de fuite sur ce transformateur est également la preuve du maintien de l'intégrité de cette unité. La présence de fumée sur le mur et les traces à l'arrière du transformateur montrent que l'incendie a eu lieu dans le bac. Ce début d'incendie pourrait donc s'expliquer par la création d'un arc électrique au niveau du bac et la mise à feu des dépôts d'huiles (bac potentiellement souillé). L'étude foudre de l'usine précise que le transformateur doit être protégé par des parafoudres. Ceux-ci sont bien présents sur le poteau d'alimentation du site conformément aux recommandations de l'étude. Leur état montre qu'ils n'ont pas subi de destruction. Cependant, cette étude foudre doit être mise à jour tous les 5 ans, or, la dernière étude date du 7/04/98. Il est donc demandé à l'exploitant de mettre à jour cette étude. Sur le plan technique, l'étude foudre recommande de mettre en place d'autres mesures sur les installations suivantes : interconnecter la cheminée de l'incinérateur aux structures, déposer l'ancienne installation de nettoyage des poussières, interconnecter le récupérateur de poussières avec les masses de la structure et les candélabres extérieurs avec le réseau de terre du bâtiment, équiper les circuits de commande

Annexe 4

Accidentologie base de données ARIA

et de puissance de protection par parafoudre ainsi que les circuits des sprinklers automatiques, l'aspirateur et la gaine d'air chaud, l'armoire électrique refroidisseur, les lignes téléphoniques et le secondaire transformateur de puissance. Elle recommande enfin de mettre en place des sondes de température sur le ventilateur de refroidissement et sur le caisson filtre à charbon. L'exploitant doit transmettre à l'Inspection des Installations Classées dans un délai d'un mois le rapport de vérification démontrant que ces protections ont bien été réalisées. Ce site devant déménager prochainement sur une commune voisine, l'Inspection des Installations Classées rappelle à l'exploitant que le fonctionnement du site reste soumis aux dispositions générales prévues par le Code de l'environnement.

ARIA 33604 - 09/07/2007 - 59 - MARDYCK

20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une usine pétrochimique, 60 t d'éthylène hors spécification brûlent à la torche entre 11h15 et 17 h à la suite de la mise en sécurité du méthaniseur de l'unité de vapocraquage après un coup de foudre. Des travaux effectués sur l'une des chaudières de l'usine ne permettent pas l'effacement à la vapeur du torchage ; un nuage de fumées est visible à plusieurs kilomètres. Le méthaniseur convertit par catalyse au nickel de l'hydrogène (H_2) et du monoxyde de carbone (CO) en méthane (CH_4) et en eau (H_2O) à une température voisine de 230 °C.

L' H_2 ainsi épuré du CO peut convertir l'acétylène en éthylène, ce qui n'est pas le cas lorsqu'il est pollué en CO. L'éthylène respectant une spécification assez sévère (5 ppm d'acétylène max.) est ensuite transformé en polyéthylène. Le jour de l'incident à 11h15, le coup de foudre entraîne la mise en sécurité du méthaniseur sur sécurité de température haute ; l'insuffisance de production d' H_2 permettant l'hydrogénation de l'acétylène entraîne la production importante d'éthylène hors spécification qui nécessite son brûlage à la torche compte-tenu de l'absence de dispositif de stockage sur le site. A 12 h, l'unité est remise en fonctionnement mais une sous-estimation du temps de remise en charge de l'installation entraîne la production d'éthylène hors spécification et par conséquent son envoi à la torche jusqu'à 17 h.

Liste des accidents à l'étranger

ARIA 1001 - 12/08/1989 - CHINE - QINGDAO

46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes

La foudre frappe une citerne dans un dépôt de pétrole et provoque un incendie. Plus de 40 000 t de pétrole sont perdues. Les moyens déployés sont importants : 100 camions incendie et plusieurs hélicoptères. Dix-neuf morts et 74 blessés (la plupart des pompiers) sont à déplorer.

ARIA 1587 - 21/06/1990 - RUSSIE - KARKATEEVY

46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes

Un incendie, sans doute initié par la foudre, détruit un bac de pétrole de 5 000 t. Attisé par un vent violent, l'incendie se propage à 3 autres réservoirs qui explosent et 9 ha de terrain sont brûlés. Un train chargé de 60 t de neige carbonique est dépêché dans la zone.

ARIA 3140 - 21/08/1991 - AUSTRALIE - MELBOURNE

YY.YY - Activité indéterminée

Des incendies se produisent sur un site de stockage comprenant 47 réservoirs dont 26 contiennent des produits chimiques liquides (benzène, phénol, MEC, acrylonitrile, méthacrylate de méthyle, etc.) ; 27 réservoirs sont détruits ou très endommagés. Une fumée toxique (benzène, HCN, etc.) dérive hors du site. L'intervention qui débute 6 min après le départ des feux, se prolonge jusqu'au lendemain vers 16 h ; 450 m³ d'émulseur AFFF sont utilisés. Des milliers de personnes sont évacués dans un rayon de 2 km. La foudre serait à l'origine de l'accident. Les pertes pour interruption de travail sont estimées à 40 M\$ (200 MF) et les dommages matériels à 11 M\$. Les personnes sur ou près du site doivent porter des appareils respiratoires.

ARIA 5655 - 24/07/1994 - ROYAUME-UNI - PEMBROKE

19.20 - Raffinage du pétrole

Lors d'un violent orage, 2 explosions peu violentes, entraînant 2 foyers, se déclarent tôt le matin dans une raffinerie. Des unités sont arrêtées pour intervenir et remises en route en fin de matinée après extinction. A 13h30, une violente explosion survient dans le secteur du craqueur catalytique. Le bruit est perçu à 15 km, le souffle arrache un bâtiment administratif de ses fondations à 200 m et une boule de feu est observée. 26 employés sont blessés, 130 pompiers interviennent et 3 foyers sont maintenus durant 48 h pour la mise en sécurité des installations. La 1ère phase est liée à la rupture d'un piquage sur une capacité du réseau torche. Une panne informatique (foudre) durant le redémarrage serait à l'ori-

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

gine de l'explosion principale. Les dégâts se montent à 395 MF dont 160 MF pour les dégâts matériels internes et 170 MF pour les pertes d'exploitation.

ARIA 5729 - 02/08/1994 - ALLEMAGNE - NC

01.46 - Élevage de porcs

Une série d'incendies dus à la foudre provoque la mort de centaines de porcs dans plusieurs fermes de Bavière.

ARIA 6220 - 08/10/1994 - ETATS-UNIS - PORTLAND

49.50 - Transports par conduites

Un coup de foudre interrompt l'alimentation électrique des appareils informatiques de conduite et de contrôle d'une station de pompage équipant un pipeline de pétrole brut. L'ordinateur donne des ordres erronés conduisant à la fermeture intempestive d'une vanne principale du pipeline en charge à 6 km de la mer.

La montée en pression provoque la rupture de la conduite et 340 m³ de pétrole se répandent. Une petite partie rejoint la baie de Corpus Christie par le réseau hydrologique local. Plusieurs sociétés spécialisées pompent l'hydrocarbure (95 m³ récupérés après une semaine) et nettoient les terrains contaminés.

ARIA 6541 - 30/06/1987 - ETATS-UNIS - NC

35.30 - Production et distribution de vapeur et d'air conditionné

Dans une chaufferie urbaine, la foudre tombe sur une chaudière alimentée au gaz naturel et perce une vanne au niveau de l'entrée du gaz aux brûleurs. Aucune explosion ne se produit, mais un feu bref se déclare jusqu'à ce que la ligne soit isolée. Le bâtiment est évacué et la circulation est interrompue sur les routes voisines.

ARIA 8183 - 24/10/1995 - INDONESIE - CILACAP

19.20 - Raffinage du pétrole

La foudre frappe le dispositif de jaugeage automatique d'un réservoir à toit fixe de 38 800 m³ en cours de remplissage par du kérosène à 43,5°C (température supérieure au point éclair). La mauvaise équipotentialité des diverses parties du dispositif est à l'origine d'étincelles qui initient un incendie. Le ciel gazeux du réservoir explose et le toit est détruit.

Le liquide enflammé transmet le sinistre aux 6 autres réservoirs dans la cuvette. Les habitants du voisinage et les employés sont évacués. Aucune victime n'est à déplorer. Près de 600 habitations sont endommagées et des centaines de points d'eau sont pollués. Les navires desservant la raffinerie sont retardés. L'incendie est éteint après 3 jours. Les dommages sont estimés à 560 MF.

ARIA 8390 - 22/08/1995 - ALBANIE - KUCOVE

YY.YY - Activité indéterminée

La foudre tombe sur un réservoir contenant de l'huile et provoque un important incendie. Le lendemain alors que l'incendie semblait sous contrôle, un deuxième réservoir, contenant 1 000 t de pétrole brut, explose. L'accident provoque la formation de nuages noirs et épais, visibles à 25 km.

Un périmètre de sécurité est mis en place le deuxième jour à 1 km à la ronde. Le bilan est de 3 réservoirs détruits et 1 650 t de pétrole brut détruits. On déplore 1 mort et 4 blessés. Les pompiers ont maîtrisé le sinistre en 36 h.

ARIA 8466 - 05/06/1994 - CANADA - IMPERIAL

01.11 - Culture de céréales (à l'exception du riz), de légumineuses et de graines oléagineuses

Un incendie, causé probablement par la foudre, se déclare dans un silo de froment. 5 heures plus tard l'incendie est sous contrôle des pompiers. Le silo de 2300 m³ était à 60 % plein. Le total des pertes ne sera connu qu'après investigation. Un programme de transvasement du silo est en cours. Un établissement, situé à proximité du silo, servant d'entrepôt de produits chimiques agricoles est préservé ainsi que son contenu.

ARIA 8523 - 14/09/1994 - ITALIE - BOSSICO

49.50 - Transports par conduites

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

La foudre frappe un gazoduc transportant du méthane qui s'enflamme.

ARIA 8543 - 01/11/1995 - ETATS-UNIS - BAYTOWN

01.50 - Culture et élevage associés

Le toit d'un réservoir fixe de gasoil est atteint par la foudre vers 12h. Il est perforé en deux endroits. Un incendie se produit. Deux écoles sont évacuées.

ARIA 8552 - 08/03/1995 - BAHAMAS - GRAND BAHAMA

19.20 - Raffinage du pétrole

La foudre tombe sur un réservoir contenant 65 000 m³ de gasoil provoquant un incendie avec émission d'une épaisse fumée. Le port et le personnel de la raffinerie sont mis en alerte. Des résidents sont évacués. L'incendie est maîtrisé le 10 mars à 18h. Les dégâts matériels sont estimés à 35 MF. Les dommages causés à l'environnement ainsi que le nombre de personnes disparues ne sont pas connus.

ARIA 9045 - 07/06/1989 - ALLEMAGNE - OBERHAUSEN

20.13 - Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base

La foudre tombe au voisinage d'une usine chimique ; les courants induits dans les circuits de commande provoquent l'arrêt de l'unité d'acide nitrique. Au cours des essais de redémarrage, les gaz nitreux re-fluent par le compresseur et sont rejetés à l'atmosphère.

ARIA 9824 - 09/08/1996 - GRECE - ISTHMIA

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans un terminal pétrolier, un violent orage provoque la rupture de la canalisation d'alimentation d'un tanker durant son remplissage. Une importante quantité de brut se déverse dans la mer. L'équipe spécialisée de la raffinerie intervient immédiatement et met en place des barrages flottants. Durant cette opération, un employé présent sur un bateau d'intervention est gravement blessé par la foudre. La marée noire cause d'importants dommages à la faune aquatique (poissons et élevages de crustacés) et pollue de nombreuses plages. Les opérations de nettoyage se poursuivent durant plusieurs jours. Trois jours après l'incident, l'armateur propriétaire du navire est condamné à payer 70 Millions de Drachmes (300 000 \$).

ARIA 9865 - 20/07/1996 - CANADA - SARNIA

20.13 - Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base

Un bac de 8 200 m³ d'additif d'essence s'enflamme vers 1h00. Les pompiers mettent 7 h pour éteindre le feu dont les flammes montent jusqu'à 30 m. Des équipes interviennent tout le week-end pour vidanger le bac dont le toit a été expulsé et dont la partie supérieure est très endommagée. Les réservoirs avoisinants sont arrosés de mousse pendant toutes les opérations de secours. Des vents violents gênent l'action des pompiers. Trois cent personnes sont évacuées. La foudre est à l'origine de l'incendie.

ARIA 10166 - 23/07/1980 - ETATS-UNIS - SEADRIFT

YY.YY - Activité indéterminée

Un réacteur contenant de l'oxyde d'éthylène explose (CVCD = Confined Vapour Cloud Detonation). La foudre est à l'origine de l'accident. Les dommages sont importants et les coûts s'élèvent à 14,986 M\$.

ARIA 11233 - 04/06/1996 - ETATS-UNIS - TEXAS CITY

19.20 - Raffinage du pétrole

Pendant un orage, un incendie détruit un réservoir de MTBE dans une raffinerie. Les pompiers parviennent à éviter une extension du sinistre aux réservoirs voisins.

ARIA 11236 - 01/06/1996 - ETATS-UNIS - WOOLBRIDGE

46.12 - Intermédiaires du commerce en combustibles, métaux, minéraux et produits chimiques

Un violent incendie détruit un réservoir d'essence. La foudre est suspectée. Il n'y aurait pas de victime.

ARIA 11565 - 06/08/1997 - ETATS-UNIS - PILOTTOWN

46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes

Un impact de foudre initie un incendie sur un stockage de 20 000 m³ de pétrole. Des défaillances dans

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

l'alimentation électrique due à une tornade contrariant les efforts des pompiers. Le trafic portuaire n'a pratiquement pas été perturbé. Les rivières n'ont pas été polluées.

ARIA 11590 - 15/07/1997 - ETATS-UNIS - DEER PARK 20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une usine chimique, la foudre frappe un réservoir vidé de son contenu - additif pour essence - pour maintenance et initie un incendie. De grandes quantités de fumée sont émises et la grande route voisine est fermée. Le feu est éteint avec de la mousse et de l'eau.

ARIA 11599 - 12/01/1997 - ETATS-UNIS - WILMINGTON 19.20 - Raffinage du pétrole

Un incendie se déclare dans une raffinerie. Les pompiers de la ville interviennent car le pompage de l'eau dans la raffinerie est défaillant. Le feu s'éteint de lui-même en 5 h, grâce à la fermeture des arrivées de produits et à la décompression. La foudre pourrait être à l'origine du sinistre.

ARIA 11614 - 12/05/1997 - ETATS-UNIS - CORPUS CHRISTI 19.20 - Raffinage du pétrole

Un incendie probablement initié par la foudre survient sur le réservoir du dépropaniseur d'une unité d'alkylation d'une raffinerie. Le sinistre est maîtrisé en 1 heure. Il n'y a pas de blessé. Les riverains sont invités à se confiner. La raffinerie est fermée temporairement.

ARIA 11967 - 02/09/1997 - ETATS-UNIS - BAYTOWN 24.46 - élaboration et transformation de matières nucléaires

La foudre enflamme du pétrole flottant à la surface de l'eau à proximité d'une raffinerie. L'incendie qui suit, détruit la raffinerie et le local des pompiers.

ARIA 12218 - 19/04/1979 - ETATS-UNIS - PORT NECHES 50.20 - Transports maritimes et côtiers de fret

Une explosion se produit sur un pétrolier de 125 000 t ayant déchargé 50 % de sa cargaison avant d'être frappé par la foudre. L'appontement est endommagé, 2 citernes explosent consécutivement.

ARIA 12219 - 01/09/1979 - ETATS-UNIS - DEER PARK 50.20 - Transports maritimes et côtiers de fret

Lors d'un orage, la foudre frappe un pétrolier ayant déchargé 40 % de sa cargaison. Le navire explose et des débris perforent un réservoir d'éthanol à bord qui s'embrase. Une fuite de 1 550 m³ se répand dans le canal de navigation qui s'embrase à son tour. Les coûts sont évalués à 97 millions de dollars.

ARIA 12221 - 26/04/1995 - THAILANDE - BANGKOK 19.20 - Raffinage du pétrole

Un réservoir contenant 90 000 m³ de brut frappé par la foudre explose. Le feu dure plusieurs jours. Les dommages sont évalués à 75 MF.

ARIA 12223 - 24/09/1977 - ETATS-UNIS - ROMEOVILLE 19.20 - Raffinage du pétrole

Dans un dépôt pétrolier, la foudre frappe vers 2h15 le bac à toit fixe n°413, de 58 m de diamètre et 16 m de haut, presque plein de gazole. Le toit du réservoir explose et les fragments projetés propagent l'incendie au bac d'essence n°115 de 33 m de diamètre. Les secours refroidissent un réservoir voisin de butane-butène et le bac n°312. Ce dernier prend feu vers 4 h.

Dans la matinée, les pompiers débutent une attaque à la mousse sur la surface du bac n°115 : le feu est maîtrisé vers 13 h. Le lendemain matin, vers 2h25, les secours injectent de la mousse en pied du bac n°413, le débit d'injection doit être diminué du fait de phénomènes de cavitation dans une des pompes mais le feu est maîtrisé en 15 min environ et quasiment éteint en 1h30. Quelques petites poches de feu subsistent cependant au niveau des fragments de toit tombés dans le bac.

Suite à une pénurie en émulseur, le bac s'embrase de nouveau. Une 2ème attaque à la mousse, par injection en pied de bac et projection sur la surface en feu, débute vers 18 h. L'incendie est éteint à 22h30.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 12225 - 11/07/1988 - ETATS-UNIS - BORGER

YY.YY - Activité indéterminée

Pendant un violent orage, le toit d'un réservoir frappé par la foudre s'enflamme et de l'essence s'écoule sur le sol.

ARIA 12229 - 04/04/1991 - ETATS-UNIS - PASADENA

YY.YY - Activité indéterminée

Un incendie se déclare sur le joint du toit d'un réservoir d'hydrocarbures frappé par la foudre. Le sinistre est maîtrisé en une heure. Le joint est remplacé.

ARIA 12230 - 03/04/1991 - NIGERIA - ESCRAVOS

19.20 - Raffinage du pétrole

Un bac de 65 000 m³ de pétrole frappé par la foudre s'enflamme. La moitié du produit est récupérée mais le bac est à reconstruire. Les dommages sont évalués à 25 MF.

ARIA 12231 - 01/06/1991 - ETATS-UNIS - TAMPA

YY.YY - Activité indéterminée

Un feu se déclare sur le joint du toit du réservoir d'essence frappé par la foudre.

ARIA 12233 - 08/01/1993 - BRESIL - PAULINIA

YY.YY - Activité indéterminée

Un réservoir de 12 000 m³ de gasoil est frappé par la foudre lors de son remplissage et explose. Le feu est maîtrisé au terme de 12 h d'intervention. Les réservoirs voisins sont préservés.

ARIA 12234 - 15/01/1993 - BRESIL - CAMPINAS

YY.YY - Activité indéterminée

Durant un violent orage, une explosion et un incendie se déclarent sur un réservoir de gasoil de 7 500 m³.

ARIA 13049 - 10/05/1998 - EGYPTE - RAS GHARIB

19.20 - Raffinage du pétrole

Lors d'un orage, la foudre frappe l'un des 15 réservoirs de pétrole brut de 2 000 t d'un dépôt et initie un incendie. Le sinistre gagne 2 autres réservoirs. Les pompiers utilisent des hélicoptères pour combattre l'incendie.

ARIA 13342 - 07/09/1994 - ALLEMAGNE - BAD BREISIG

20.60 - Fabrication de fibres artificielles ou synthétiques

Sur un site de production de polyuréthane, un bloc de mousse découpé s'enflamme sur la bande transporteuse l'acheminant vers un stockage de mûrissement. Le feu menaçant un hangar, les pompiers et le personnel évacuent les matières premières dans une autre usine de la firme.

L'intervention des pompiers n'empêchent pas la propagation du feu au hangar. L'autoroute proche de l'usine est fermée pendant 2 h. Le hangar de stockage, deux entrepôts et 20 t de produits dérivés du polyuréthane sont brûlés. Les dommages s'élèvent à 4,5 M DM. Une entreprise de nettoyage industriel pompe les eaux d'extinction provenant de l'installation de moussage. Une charge électrostatique provenant de la foudre serait à l'origine du sinistre.

ARIA 13942 - 14/08/1998 - ETATS-UNIS - PERRY

49.50 - Transports par conduites

Dans une station de compression de gaz naturel, la foudre est probablement à l'origine d'un incendie qui a initié plusieurs explosions. Une boule de feu se forme à plus de 100 m de hauteur. Cinq personnes, dont plusieurs pompiers, sont blessées et une demi-douzaine de maisons est endommagée. Les habitants sont évacués dans un rayon de 3,5 km. Les 3 gazoducs alimentant toute la Floride doivent être coupés, entraînant l'arrêt ou la réduction d'activité de nombreuses d'entreprises.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 14442 - 27/06/1994 - ALLEMAGNE - GERNESHEIM HESSEN

19.20 - Raffinage du pétrole

Une explosion suivie d'un incendie se produit sur un réservoir contenant 354 t de méthanol à cause de la foudre. Les pompiers maîtrisent l'incendie et le mélange eau d'extinction / méthanol est traité. Il n'y a aucune victime. Les dégâts sont estimés à 1 million de DM.

ARIA 19156 - 05/11/2000 - ETATS-UNIS - SONORA

20.1 - Fabrication de produits chimiques de base, de produits azotés et d'engrais, de matières plastiques de base et de caoutchouc synthétique

La foudre frappe un transformateur électrique dans une usine de produits chimiques. Le feu se développe dans l'entrepôt connexe : ce dernier contient du méthanol, des solvants et d'autres matières dangereuses. Les témoins font état d'explosions entendues juste après l'impact initial. L'incendie dégage une fumée noire visible sur plusieurs km.

La population riveraine est évacuée dans un rayon de 800 m (200 personnes), hébergée dans des centres puis autorisée à rentrer chez elle le soir même pour la plupart. Ceux résidant dans des zones à risque pourront rentrer le lendemain soir seulement. 3 casernes de pompiers luttent durant 3 h pour maîtriser le sinistre. L'entrepôt est détruit. Une équipe spécialisée dans les matières dangereuses intervient en soutien des secours. On dénombre 6 blessés dont 4 pompiers : 3 sont autorisés à sortir de l'hôpital le soir même et 1 est toujours hospitalisé au bout de 24 h.

ARIA 19807 - 01/03/2000 - JORDANIE - ZARQA

19.20 - Raffinage du pétrole

La foudre frappe 2 réservoirs contenant 33 000 t de pétrole dans une raffinerie et initie un incendie. Les dommages sont mineurs et la raffinerie fonctionne normalement : les unités de traitement du fuel n'ont pas été affectées, le feu ayant été rapidement maîtrisé.

ARIA 20586 - 06/06/2001 - ETATS-UNIS - YORKTOWN

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans une raffinerie (62 000 barils/j), une explosion suivie d'une boule de feu, visible à plusieurs km de distance, se produit dans une unité de réformage des essences (opération d'amélioration de l'indice d'octane). L'incendie qui suit est maîtrisé environ 3 h plus tard par les pompiers.

La stratégie suivie par les secours est de laisser brûler l'unité tout en protégeant les stockages et autres unités voisines. Sans qu'un lien soit établi dans un premier temps par les exploitants, la zone géographique de la raffinerie était parcourue par un violent orage juste avant l'explosion de l'unité.

ARIA 20587 - 07/06/2001 - ETATS-UNIS - NORCO

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans une raffinerie, un réservoir de 43 000 m³ contenant 24 000 m³ d'essence frappé par la foudre s'enflamme. La raffinerie était déjà en situation de crise lors de l'incident ; la veille en effet, de très violentes pluies s'étaient abattues sur le site.

Sous le poids des eaux pluviales, le toit flottant de l'un des bacs s'était affaissé avant d'être recouvert par 15 cm d'essence. Le personnel drainait le bac lorsque l'orage a commencé. La foudre a alors frappé le réservoir et enflammé l'essence présente en surface. Le réservoir est vidangé.

Par ailleurs, de la mousse a été utilisée pour couvrir et étouffer le feu. En cas d'échec de cette manœuvre, une stratégie alternative est envisagée en laissant brûler l'essence, tout en continuant de protéger les réservoirs proches et notamment 2 réservoirs de butane. Le personnel non mobilisé dans les interventions est évacué du site par précaution. Il a de même été demandé aux riverains de rester confinés chez eux.

ARIA 20633 - 22/06/2001 - RUSSIE - NERTCHINSK

84.22 - Défense

Un incendie déclenchant une série d'explosions se produit dans un dépôt de munitions d'une base militaire. La foudre serait à l'origine de l'accident. Elle aurait frappé le bâtiment abritant un stockage d'obus, qui se serait ensuite embrasé.

Cinq soldats sont portés disparus et un est grièvement blessé. 5 autres soldats, qui se trouvaient dans le sous-sol du hangar, sont retrouvés indemnes. Lors de l'explosion, des éclats sont projetés à plusieurs km. Près de 3 000 riverains sont évacués.

Annexe 4

Accidentologie

base de données ARIA

ARIA 20819 - 01/01/1999 - TUNISIE - BIZERTE

19.20 - Raffinage du pétrole

Un incendie se produit sur deux réservoirs d'essence à toits flottants. Les joints des réservoirs ne sont pas étanches. Lors d'un orage, la foudre enflamme les vapeurs d'essence issues des fuites. Le feu est maîtrisé par les pompiers de l'Ecole de feu de la S.T.I.R en 30 à 40 minutes. Les réservoirs sont très endommagés. Une quantité importante d'essence est perdue (quelques milliers de m³).

ARIA 22581 - 28/03/2002 - MAROC - MARRAKECH

23.99 - Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques n.c.a.

La foudre frappe plusieurs réservoirs de produits inflammables dans une usine de production de cobalt (1 500 t/an). L'accident n'a pas fait de victime et l'exploitation des autres unités du site n'a pas été perturbée malgré les dommages matériels observés.

ARIA 23141 - 11/06/1996 - ETATS-UNIS - BAYWAY

19.20 - Raffinage du pétrole

Un feu se déclare dans une unité d'hydrodésulfuration d'une raffinerie au niveau d'un four. Un impact de foudre durant un orage serait à l'origine du sinistre. L'unité n'est que temporairement arrêtée.

ARIA 23584 - 05/05/2002 - POLOGNE - TRZEBINIA

19.20 - Raffinage du pétrole

Dans une raffinerie, la foudre provoque l'incendie d'un bac de 2 000 t de pétrole. Il n'y a pas de risque de propagation à d'autres réservoirs. A titre de précaution, les riverains sont évacués. Le bilan fait état d'un pompier blessé.

ARIA 27990 - 20/06/1987 - ETATS-UNIS - NC

46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes

Dans un parc de stockage d'hydrocarbures liquides, un incendie se déclare sur un bac à toit flottant (hauteur : 12 m) contenant 9 300 m³ d'essence sans plomb (rempli aux $\frac{3}{4}$). La foudre est à l'origine de l'accident. Le réservoir ne disposant pas d'équipement de lutte contre l'incendie, l'équipe de sécurité attaque le feu à la lance à main depuis le raidisseur du haut de la robe du bac : l'incendie couvre environ 20% de la circonférence mais ne peut être contenu par les pompiers du site qui redescendent. Le feu s'étend à la totalité du toit qui coule. Le bac est détruit. Les dégâts sont estimés à 10 M\$ US.

ARIA 29708 - 14/04/2005 - ESPAGNE - HUESCA

10.61 - Travail des grains

Une explosion suivie d'un incendie se produit vers 18 h dans un silo à grains d'une usine de production de farine. 19 personnes sont blessées dont 7 grièvement ; 11 sont hospitalisées. L'établissement où travaillait une vingtaine d'employés est gravement endommagé. Des vitres sont brisées et des véhicules sont détériorés aux abords de l'usine. La foudre serait à l'origine de l'accident selon des témoins.

ARIA 31285 - 10/11/2004 - PEROU - NC

20.51 - Fabrication de produits explosifs

La foudre provoque une explosion d'un magasin de stockage d'explosifs civils. On dénombre 6 morts et 6 autres blessés.

Annexe 5

Liste des sociétés

*assurant la dépose de
paratonnerres radioactifs*

Annexe 5

Liste des sociétés disposant d'une autorisation de l'ASN

assurant la dépose de paratonnerres radioactifs

Note

Source des données ci-contre :

ANDRA

<http://www.andra.fr/producteurs/download/andra-producteur-fr/document/liste-regroupeurs-paratonnerres.pdf>

Juillet 2013

<p>MAMIAS 28-30, avenue Jean-Jaurès 93220 GAGNY M. PAJOT Stéphane ☎ 01 43 02 43 88 ☎ 01 43 02 94 42 mamias@mamias.fr</p>	<p>FRANKLIN France 13, rue Louis Armand 77330 OZOIR LA FERRIERE M. OSSART Alban ☎ 01 60 34 54 44 ☎ 01 64 40 35 43 alban.ossart@franklin-france.com</p>	<p>BROUILLET PROTECTION Pont De Coudert 19600 Noailles M. FAUCON Thierry ☎ 05 55 85 60 08 ☎ 05 55 84 34 92</p>
<p>INDELEC (Ouest SAS) Rue Edouard Branly 35170 BRUZ M. GAUCHARD Yannick ☎ 02 99 14 55 55 ☎ 02 99 14 60 70 ygauchard@indelec.com</p>	<p>BONDUELLE S.A.S. Beaubuisson 44370 MONTRELAIS Mme ESPELLE Isabelle ☎ 02 40 09 77 95 ☎ 02 40 09 77 96 i.espelle@adf-bsa.com.fr</p>	<p>ABB France 16, rue de l'Équerre ZI des Béthunes 95310 SAINT-OUEN L'AUMÔNE M. ROLAND Bruno ☎ 01 34 40 25 25 ☎ 01 34 40 24 24 bruno.roland@fr.abb.com</p>
<p>INDELEC (Région Nord SAS) 61 Chemin des Postes 59500 DOUAI Mme DOIGNIES Gaëlle ☎ 03 27 94 49 41 ☎ 03 27 94 49 45 gdoignies@indelec.com</p>	<p>DUVAL MESSIEN (Agence Sud-Est) 15, rue Ampère-ZA La verdière 13880 VELAUX M. MOURCIA Jean-Philippe ☎ 04 42 34 71 00 ☎ 04 42 87 40 76 jp.mourcia@duval-messien.fr</p>	<p>INDELEC (Sud-Ouest SAS) Espace de la Gravette - 6, rue JB Perrin 33320 EYSINES M. VAN BOXSOM Bertrand ☎ 05 56 28 55 40 ☎ 05 56 28 56 01 sud-ouest@indelec.com</p>
<p>INDELEC (Sud-Est SAS) Agence Rhône Alpes - ZAC II 600, rue maison Rose 69440 MORNANT Melle VILLA Carine ☎ 04 78 48 72 56 ☎ 04 78 48 72 09 cvilla@indelec.com</p>	<p>ALAIN MACE SARL 2bis, route des Croix 22800 PLAINE HAUTE Mme PERRIN-MOREL Cynthia ☎ 02 96 42 96 68 ☎ 02 96 42 96 67 cperrin-morel@alain-mace.com</p>	<p>DUVAL MESSIEN 20 B rue Gay Lussac 94438 CHENNEVIERES SUR MARNE CEDEX M. GAILLARD Jean-Rémy 01 60 18 58 70 01 60 18 58 71 duvalmessien@orange.fr</p>
<p>PROTIBAT SAS Zone Industrielle, 15, rue Vauban 67451 MUNDOLSHEIM Cedex M. VAUTRINOT André ☎ 03 88 20 26 16 ☎ 03 88 20 10 70 eapprederisse@protibat.fr</p>	<p>SONOREST SAS 7, rue Jacques DAGUERRE ZI Nord 68000 COLMAR M. STOLZ François ☎ 03 89 41 45 96 ☎ 03 89 41 08 71 f.stolz@sonorest.com</p>	<p>France Paratonnerres Parc Ester Technopole 9, rue Columbia 87068 LIMOGES M. MOTTIN André ☎ 05 55 57 52 53 ☎ 05 55 35 85 62 rx@france-paratonnerres.com</p>
<p>FORSOND 198, rue de Bellevue 92700 Colombes M. GRODENT Arnaud ☎ 01 41 19 46 20 ☎ 01 41 19 46 23 agrodent@forsondsap.fr</p>	<p>Société Alsacienne de Paratonnerre 21, rue de l'Engelbreit 67034 STRASBOURG-Koenigshof-fen Cedex 2 M. WARSMANN Pierre ☎ 03 88 27 15 27 ☎ 03 88 28 48 08 sap.france@wanadoo.fr</p>	<p>ENERGIE Foudre 1 à 5, rue Pierre Brossolette 94000 CRETEIL ☎ 01 43 98 05 34 ☎ 01 41 74 96 09 Energie-foudre@wanadoo.fr</p>
<p>LAUMAILLE - Protection contre la foudre ZAC des Pyrénées 6 rue du Troumouse 65420 IBOS Monsieur GLISE Thierry ☎ 05 62 38 00 62 ☎ 05 62 38 03 18 commercial@laumaille.com</p>	<p>BIARD-ROY 241, Rue Joseph Roy 76570 SAINTE AUSTREBETHE Mme BIARD Marie - Agnès ☎ 02 35 91 24 87 ☎ 02 35 91 72 34 contact@biard-roy.com</p>	

Ce document comporte 126 pages, hors couverture et quatrième de couverture.

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable*

Rédaction : Bernard PIQUETTE, INERIS - Direction des risques accidentels
Pierre GRUET - Direction de la certification
Parc Alata, BP2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE - www.ineris.fr

Mise en forme pédagogique, conception graphique et mise en page :
Olivier PERON et Laure ROBILLARD, INERIS formation, Parc Alata, BP2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE