

Rapport
N° DCE-10-109423-00628B

Décembre 2010

**Protection contre la foudre des
installations classées pour la protection
de l'environnement**

**Guide : Appréciation des documents
exigibles en application de l'arrêté foudre
du 15 janvier 2008**

Protection contre la foudre des installations classées pour la protection de l'environnement

Guide : Appréciation des documents exigibles en application de l'arrêté foudre du 15 janvier 2008

Révision B

Client : MINISTRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER (MEEDDM)

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

Dominique CHARPENTIER, Pierre GRUET.

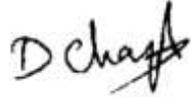
PREAMBULE

Le présent document a été établi :

- au vu des données scientifiques et techniques disponibles ayant fait l'objet d'une publication reconnue ou d'un consensus entre experts,
- au vu du cadre légal, réglementaire ou normatif applicable.

Il s'agit de données et informations en vigueur à la date de l'édition du document, en décembre 2010.

Le présent document comprend des propositions ou recommandations. Il n'a en aucun cas pour objectif de se substituer au pouvoir de décision du ou des gestionnaire(s) du risque ou d'une partie prenante.

PAGE DE VALIDATION			
Protection contre la foudre des installations classées pour la protection de l'environnement			
Rédaction initiale			
Auteurs	Qualité	Date	Emargement
Pierre GRUET	Ingénieur à l'Unité PNEO	10/12/10	
Dans le cadre de la procédure générale qualité de l'INERIS et en respect du paragraphe 14.2 du manuel qualité, ce document a fait l'objet de relectures et d'un contrôle par des vérificateurs.			
Relecture	Qualité	Date	Emargement
Dominique CHARPENTIER	Directeur adjoint de la Direction de la Certification	16/12/10	
Vérificateur final	Qualité	Date	Emargement
Dominique CHARPENTIER	Directeur adjoint de la Direction de la Certification	20/12/10	
Approbateur	Qualité	Date	Emargement
Christian MICHOT	Directeur de la Direction de la Certification	23/12/10	

REPERTOIRE DES MODIFICATIONS

Révision	Edition	Modifications
Version A	Janvier 2010	Version initiale du rapport (36 pages + 2 annexes)
Version B	Décembre 2010	Version révisée du rapport (38 pages + 2 annexes)

NB : La version B de ce guide prend en compte des remarques et questions d'utilisateurs (inspection des installations classées, responsables d'installation et professionnels de la protection contre la foudre) sur la période 2009 - 2010.

Pour éviter des différences d'interprétations des règles de l'art, ce guide intègre des propositions du GESIP (Groupe d'Etude de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques).

Les précisions apportées concernent essentiellement la réalisation des Analyses du Risque Foudre (ARF) :

- Un rappel sur la prise en compte des protections existantes (naturelles ou spécifiques) qui doivent être conformes aux normes actuelles (page 13)
- Une donnée relative à l'activité orageuse locale est préférable à une valeur par département (page 13).
- Les valeurs du facteur de réduction (rf) en fonction du risque d'incendie de la structure peuvent être différentes de celles proposées par la norme NF EN 62305-2 (tableau de l'annexe informative C) sous réserve que l'ARF le justifie.
- Les valeurs du facteur (hz) augmentant le montant relatif des pertes en présence d'un danger particulier dépendent de l'étendue de la zone d'effet (page 17).
- La protection des lignes conductrices reliées à une structure fait partie du système de protection contre la foudre (SPF), y compris lorsque la protection naturelle de la structure est suffisante vis-à-vis des coups de foudre directs (page 21).
- La prise en compte des zones explosibles non permanentes est possible (pages 17 et 23).

TABLE DES MATIERES

1	GLOSSAIRE ET DEFINITIONS	7
2	OBJECTIFS ET DOMAINE D'APPLICATION	10
2.1	Contexte	10
2.2	Objectifs.....	10
2.3	Domaine d'application	10
3	EVOLUTION DES EXIGENCES DE PROTECTION	11
4	EXIGENCES POUR UNE ANALYSE DU RISQUE Foudre (ARF)	12
4.1	Les objectifs de l'ARF	12
4.2	Les structures concernées par l'ARF	12
4.3	Méthode de calcul de l'ARF	12
4.3.1	Paramètres les plus importants de l'ARF :	13
4.3.2	Evaluation des pertes humaines	16
4.4	la présentation des résultats de l'ARF	18
4.5	Questions / Réponses	19
5	EXIGENCES POUR UNE ETUDE TECHNIQUE.....	25
5.1	Les objectifs de l'ET.....	25
5.2	les structures à protéger	25
5.3	les méthodes de protection.....	25
5.4	la présentation des résultats de l'ET	26
5.5	Questions / Réponses	27
6	EXIGENCES POUR UNE NOTICE DE VERIFICATION ET DE MAINTENANCE	28
6.1	Les objectifs de la notice de vérification et de maintenance	28
6.2	la présentation de la notice	28
6.3	Questions / Réponses	29
7	INSPECTION D'UNE INSTALLATION DE PROTECTION CONTRE LA Foudre	30
7.1	Objectifs du SPF	30
7.2	les règles d'installation.....	30
7.2.1	Les SPF	30
7.2.2	Protection des équipements.....	31
7.3	Questions / Réponses	32
8	EXIGENCES POUR LES VERIFICATIONS DES PROTECTIONS.....	33
8.1	Objectifs des vérifications	33
8.2	Moyens	33
8.3	Méthode de vérifications	34
8.4	la présentation des résultats.....	35
8.5	Questions / Réponses	36

9 RÉFÉRENCES..... 37
10 LISTE DES ANNEXES..... 38

1 GLOSSAIRE ET DEFINITIONS

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.
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.
Choc	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.
Distance de séparation	distance entre deux parties conductrices telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse apparaître.
Etude foudre	Etude qui définit le besoin et les moyens de protection d'une installation. Elle comprend une Analyse des Risques Foudre (ARF) et une Etude Technique.
Etude 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.
Fiche de contrôle	Document sur lequel sont reportées les mesures ou les observations demandées dans la fiche de vérification. Ce document peut être proposé dans la notice de vérification et maintenance et/ou être intégré dans les rapports de vérifications. Il n'y a pas d'obligation à produire ce document.

Fiche de vérification d'une protection	<p>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 mesures éventuelle à retenir. La fiche de vérification est généralement rédigée à partir des informations fournies par le fabricant de l'équipement à vérifier.</p> <p>Ce document peut être proposé dans la notice de vérification et maintenance et/ou être intégré dans les rapports de vérifications. Il n'y a pas d'obligation à produire ce document.</p>
Impulsion électromagnétique foudre (IEMF)	Effets électromagnétiques dus au courant de foudre. Elle comprend les courants conduits ainsi que les effets induits du champ magnétique.
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)	<p>La norme NF EN 62305-2 indique « <i>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.</i> »</p> <p>Le NPF qui varie de 1 à 4 correspond à une efficacité de protection.</p>
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 vérifications 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...)
Parafoudre	Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants de foudre. Il comprend au moins un composant non linéaire
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</p>

équipements électriques.

Parafoudres coordonnés	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
Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA)	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.
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 U_w	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.
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

2 OBJECTIFS ET DOMAINE D'APPLICATION

2.1 CONTEXTE

L'arrêté du 28 janvier 1993 a été abrogé et remplacé par l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées (JO du 24 avril 2008).

L'article 6 de l'arrêté du 15 janvier 2008 indique que *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.*

2.2 OBJECTIFS

L'objectif de ce rapport est de donner à l'inspection des installations classées les informations nécessaires pour apprécier l'analyse du risque foudre, l'étude technique, la notice de vérification et de maintenance, le carnet de bord et les rapports de vérifications.

Ce guide n'a pas vocation à expliciter les règles de l'art issues des normes de protections contre la foudre. Ceci fait l'objet d'un rapport technique [INERIS DRA-10-109423-13135A, décembre 2010](#) [7] destiné aux exploitants et professionnels de la protection contre la foudre.

2.3 DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide est utilisable dans le cadre d'inspection d'installations soumises à l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées.

Il s'utilise en complément des textes réglementaires et des normes NF EN 62305-1 à 4.

3 EVOLUTION DES EXIGENCES DE PROTECTION

Les principales évolutions de l'arrêté du 15 janvier 2008 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 d'accompagnement 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.

L'évolution notable de l'évaluation du risque et de la protection contre la foudre a nécessité d'explicitier la démarche, ce qui fait l'objet de ce rapport.

IMPACT SUR LES INSTALLATIONS EXISTANTES EN 2008

L'arrêté prévoit pour les installations existantes que :

- Le contrôle quinquennal des installations de protection est complété par une vérification annuelle.
- Les installations doivent disposer d'une analyse du risque foudre (ARF) à partir du 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 2012.
- Les protections doivent être vérifiées dans un délai de 6 mois après leur installation.
- 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.

4 EXIGENCES POUR UNE ANALYSE DU RISQUE Foudre (ARF)

4.1 LES OBJECTIFS DE L'ARF

L'analyse du risque foudre identifie les équipements et installations pour lesquels une protection doit être assurée.

Il s'agit de définir le besoin ou non 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 1^{er} de l'arrêté.

4.2 LES STRUCTURES CONCERNEES PAR L'ARF

La première étape de l'ARF est une identification des événements redoutés. En s'appuyant sur l'étude des dangers réalisée sur le site, il s'agit de retenir les scénarios pour lesquels la foudre a été identifiée comme événement initiateur.

Tous les bâtiments d'un site industriel ne sont pas systématiquement concernés par une étude de protection contre la foudre. Il est nécessaire de s'assurer que les installations qui présentent des risques (en particulier d'incendie ou d'explosion) font l'objet d'une ARF.

4.3 METHODE DE CALCUL DE L'ARF

Il faut utiliser la norme NF EN 62305-2 qui définit un processus itératif afin de réduire les risques à un niveau jugé acceptable (le risque est alors dit maîtrisé).

Le risque total est la somme de composantes du risque (risques partiels dépendant de la source et du type de dommage). Chaque composante du risque est calculée de la manière suivante :

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

Où

N : Nombre annuel d'agression de la foudre.

P : Probabilité pour qu'un événement dangereux cause un dommage à ou dans un objet à protéger.

L : 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

Seul le risque de perte de vie humaine (R1) est exigible pour répondre à l'arrêté. La valeur tolérable RT pour R1 proposé par la norme est de 10⁻⁵.

Ce risque intègre un paramètre (hz) qui permet de considérer

Critères à retenir pour savoir si l'ARF doit être appliquée pour un bâtiment :

- 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 identifié dans l'EDD est situé dans le bâtiment.

un danger pour l'environnement ou une contamination de l'environnement.

Des logiciels ^{note 1} permettent de calculer le risque initial et résiduel résultant des protections envisagées.

La réduction le risque peut être calculée en intégrant l'efficacité de la protection en place sous réserve que cette dernière soit confirmée par l'ET.

En effet, la norme 62305-2 précise au §5.7 : *Les mesures de protection ne doivent être considérées comme fiables que si elles satisfont aux exigences des normes applicables:*

- CEI 62305-3
- CEI 62305-4

Le calcul prend en compte plus de 30 variables ou paramètres. La pertinence de l'ARF est liée aux données communiquées par le responsable du site. Aussi, il est souhaitable lors de l'inspection de vérifier l'adéquation des paramètres les plus influents par rapport à la situation de l'installation. Le paragraphe suivant donne des indications sur les valeurs à examiner.

4.3.1 PARAMETRES LES PLUS IMPORTANTS DE L'ARF :

La liste des paramètres et variables utilisés dans le calcul selon la norme NF EN 62305-2 est présentée en annexe.

Ce paragraphe se focalise sur les paramètres les plus influents.

- La norme NF C 15-100 ou encore le guide UTE C 15-443 proposent des valeurs de densité de foudroiement (Ng). Cette valeur est une valeur moyenne par département. Une valeur locale est préférable. Elle peut être obtenue auprès d'un service compétent comme METEORAGE ou METEOFRACTANCE.
- Les performances du système de protection contre la foudre (SPF) sont fonction de l'amplitude de l'agression foudre.
Exemple : Pour une protection de niveau IV, le SPF protège pour un courant de 16 kA à 100 kA. Comme cela correspond à 80% des coups de foudre, la performance retenue est de 80%, soit une probabilité de défaillance du SPF de 0,2 (paramètre PB dans la norme)
- La performance des parafoudres (Pspd) doit être compatible aux courants résiduels des SPF générés sur les câbles à la suite d'un impact de foudre.

Les protections existantes ne sont pas prises en compte dans l'ARF.

Lors de l'étude technique les protections sont dimensionnées. Les protections existantes sont retenues si elles répondent au besoin.

Note ¹ Le logiciel JUPITER est commercialisé par l'UTE. Le logiciel RISK Multilingual est commercialisé par l'école polytechnique de Mons.

- Le paramètre qui prend en compte le risque d'incendie r_f est celui qui a le poids le plus important dans le calcul du risque. (il peut varier d'un rapport 1 000 selon le tableau ci-après)

Tableau 1 : Valeur du facteur de réduction r_f en fonction du risque d'incendie de la structure (Extrait de la norme NF EN 62305-2 : Tableau C.4)

Risque d'incendie	r_f	Commentaires
Explosion	1	structures contenant des matériaux explosifs solides ou des zones dangereuses comme cela est déterminé dans la CEI 60079-10 et dans la CEI 61241-10
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.
Aucun	0	

Note : La valeur retenue pour R_f peut être différente de celles proposées dans le tableau ci-dessus sous réserve que l'ARF justifie cette valeur (voir la question concernant des produits inflammables stockés dans des contenants métalliques étanches à la page 21).

- La norme NF EN 62305-2 propose des valeurs par défaut pour les pertes dues aux blessures par tensions de contact et tensions de pas (L_t), les pertes dues aux dommages physiques (L_f) et les pertes dues aux défaillances des réseaux internes (L_o). En cas de danger pour l'environnement ou de contamination et/ou d'explosion, il convient d'appliquer la méthode décrite au § 4.3.2.

- Le type de danger (hz) varie entre 1 et 50 selon la nature du danger. Le fait que le site soit soumis à autorisation n'implique pas systématiquement de retenir hz = 20 (Danger pour l'environnement) ou hz = 50 (Contamination de l'environnement)

Tableau 2 : 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)

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 ^(note 2)	20
Contamination de l'environnement ^(note 3)	50

^{note 2} 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 valeur de hz à retenir est 20.

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

^{Note 3} Contamination de l'environnement : Lorsqu'un scénario d'accident initié par la foudre conduit à la libération d'un potentiel de danger pouvant affecter des tiers, la valeur de hz à retenir est 50.

La fiche d'interprétation 17-100-2F1 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.

4.3.2 EVALUATION DES PERTES HUMAINES

La norme NF EN 62305-2 définit 3 types de pertes humaines :

- 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 :

$$L_f = \frac{np}{nt} \times \frac{tp}{8760}$$

Où np est le nombre de personnes pouvant courir un danger (victimes dues à un dommage physique);
nt est le nombre total de personnes sur la zone concernée;
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 8 760 heures)

La formule est la même pour Lt et Lo. Np correspond alors respectivement à un dommage du à la tension de touché (ou la tension de pas) et à un dommage du aux défaillances des équipements internes (pris en compte pour les zones à risque d'explosion)

Attention :

- np ne se limite pas au nombre de victimes dans le bâtiment mais celles dans la zone d'effet.
- De plus lorsque des dommages sont possibles en dehors du site, il doit être retenu $np/nt = 1$. (Il est considéré que le nombre et le temps de présence de personnes en dehors du site n'est pas connu)
- Dans le cas où le danger est un risque de contamination non causé par un incendie ou une explosion (défaillance liée au process par exemple), le facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie n'est pas retenu : $R_p = 1$

tp peut être réduit si une procédure permet de mettre l'installation en situation sûre (évacuation des personnes, arrêt d'une activité dangereuse. Elle doit être associée à un système d'alerte fiable.

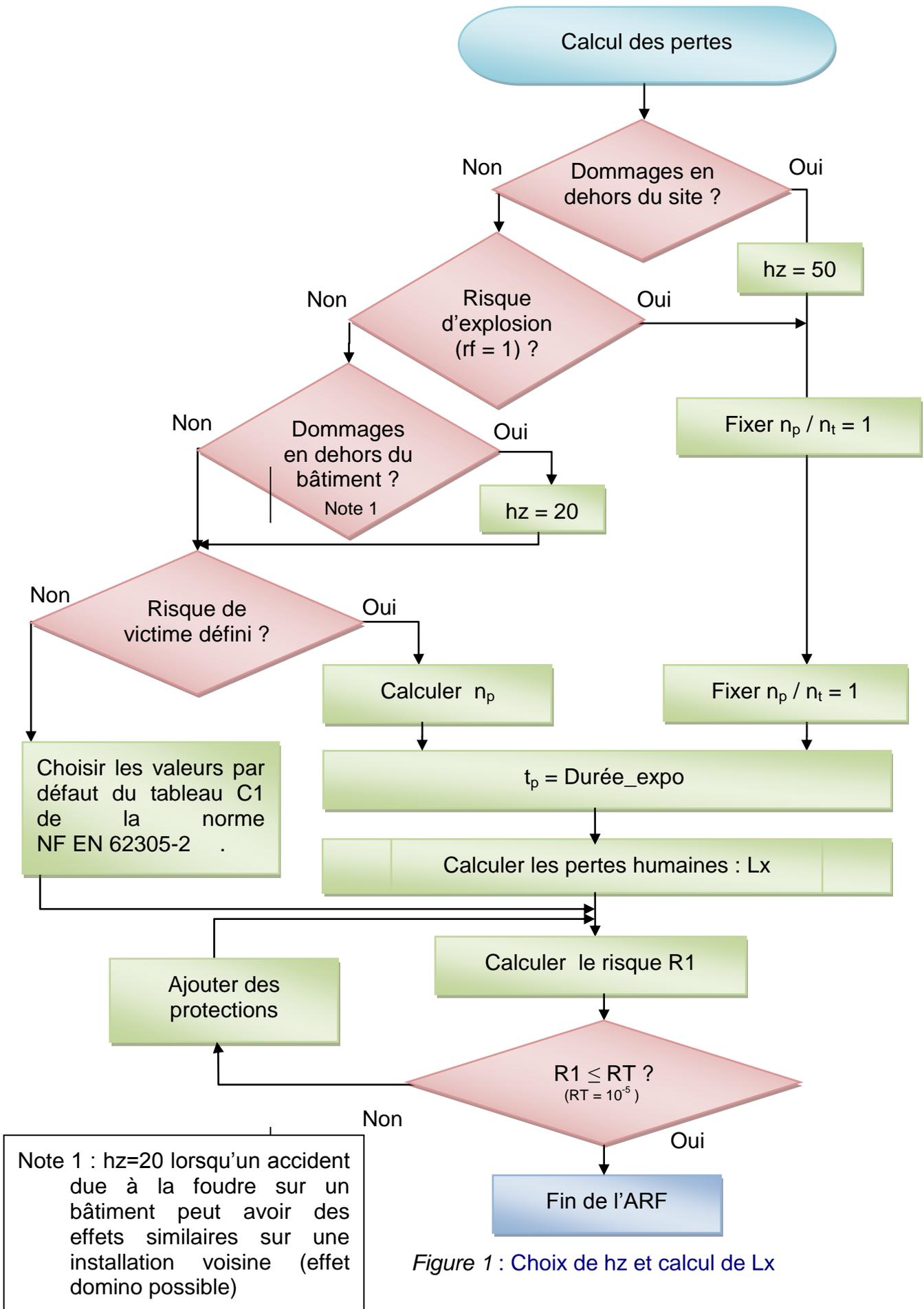


Figure 1 : Choix de hz et calcul de Lx

4.4 LA PRESENTATION DES RESULTATS DE L'ARF

L'ARF comprend les informations suivantes :

- Une synthèse de l'étude de dangers qui précise la description générale des installations à risques, la description des événements retenus pour lesquels la foudre peut constituer un événement initiateur ou un facteur aggravant,
- *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 MMR (EIPS) pouvant être affectées par la foudre,*
- *la liste des équipements ou des fonctions à protéger,*
- *La liste et description des cas particuliers et l'approche retenue,*
- *Les données d'entrée de l'ARF*
- *le besoin éventuel de prévention visant à limiter la durée des situations dangereuses et l'efficacité du système de détection d'orage. (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.)*

L'ARF seule (sans étude technique) ne permet pas de rédiger un cahier des charges ou d'installer une protection.

Un simple listing de calcul ne constitue pas une ARF.

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

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

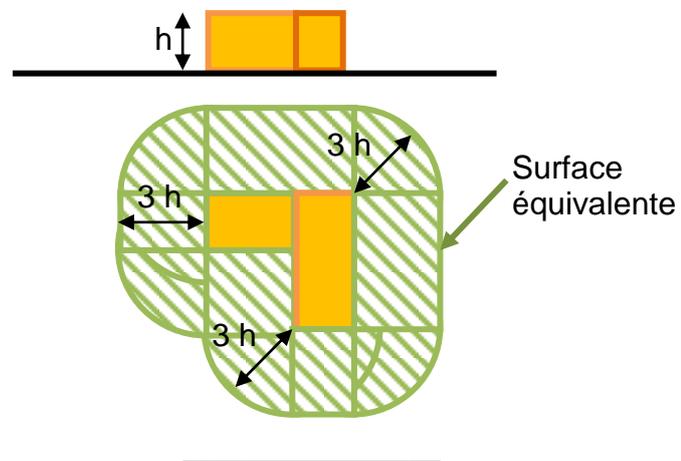
Les points importants à contrôler dans une ARF :

- 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. (exemples : activité saisonnière, danger d'explosion non permanent)
- Une liste des structures et des équipements qui nécessitent une protection, associée à un niveau de protection.

4.5 QUESTIONS / REPONSES

Q Le calcul de la surface équivalente de capture de la foudre par les bâtiments semble ne s'appliquer qu'au bâtiment de forme rectangulaire. Comment sont traités les bâtiments aux contours complexes ?

R La surface équivalente de capture permet d'apprécier le nombre de coups de foudre attendu sur la structure en prenant en compte son élévation. Elle est égale à la surface de la structure additionnée des surfaces autour du bâtiment jusqu'à une distance de trois fois la hauteur de la structure. Elle peut être obtenue graphiquement sur un plan de masse. Dans ce cas, la surface obtenue est retenue dans le calcul.



Q Certaines structures sont reliées à des installations annexes par de très nombreuses liaisons électriques ou canalisations conductrices. L'ARF doit-elle prendre en compte chaque câble et/ou canalisation ?

R Ce qui est retenu dans le calcul, ce sont les vecteurs entrants. Il peut s'agir d'une ligne ou d'un groupement de lignes. Les câbles qui empruntent le même cheminement à l'extérieur de la structure sont comptés pour une voie d'entrée pour la foudre. Si l'ARF conclut qu'un ensemble de câbles nécessite une protection, la protection s'applique à l'ensemble des conducteurs.

Q Comment le risque d'incendie (R_f) est-il apprécié ?

R La norme NF EN 62305-3 indique que la charge calorifique du contenu du bâtiment permet de décider du niveau de risque d'incendie (à partir de 800MJ/m^2 le risque d'incendie est considéré comme élevé).

Q L'ARF peut elle s'appliquer à des structures ouvertes ou enterrées ?

R Oui. Pour ces structures, les dimensions à retenir sont celles du volume qui peut être frappé par la foudre.

Q L'ARF peut elle s'appliquer à des zones ouvertes comme par exemple les postes de chargement de liquides inflammables ?

R Oui. Lorsque l'installation n'a pas de frontière physique (l'installation n'est pas à l'intérieur d'une structure ou est partiellement abritée), le volume à retenir pour l'estimation du nombre d'événement lié au foudroiement est celui qui englobe les zones dangereuses (ATEX par exemple).

Q Comment calculer le risque de perte de vie humaine (R1) lorsque le bâtiment n'est pas occupé ?

R Le paragraphe 4.3.2 donne les indications pour le calcul. Il est rare qu'il n'y ait pas de visite d'entretien ou d'inspection sur une installation qui présente un danger selon l'EDD (d'où $t_p \neq 0$). La durée d'exposition est alors la durée annuelle totale de présence de personnes dans la zone d'effet en cas d'accident.

Q La charpente métallique des structures et le bardage métallique peuvent-ils être retenus dans le calcul lorsque leur mise à la terre n'est pas connue ?

R Oui, ils participent à l'affaiblissement du champ électromagnétique de la foudre.
Une charpente métallique ne peut être considérée comme une protection de type cage maillée naturelle que si sa mise à la terre est assurée. Dans ce cas, elle doit être considérée comme un SPF, et doit faire l'objet de vérifications périodiques.

Q Une ARF doit elle être réalisée pour l'ensemble des bâtiments ou structures mentionnés dans l'EDD et pour lesquels un phénomène dangereux lié à la foudre est identifié ?

R Oui. Les rubriques servent à déterminer si l'établissement est soumis à l'arrêté. Si c'est le cas, l'ARF doit porter sur toutes les installations pour lesquelles la foudre peut présenter un risque majeur, quel que soit son classement.

Q Lorsque l'ARF conclut à un besoin de protection de type SPF et que cette protection peut être assurée par des composants naturels de protections (par exemple : la structure métallique de la structure assure une protection de type cage maillée), une protection par parafoudre est elle nécessaire ?

Question traitée par le comité français de normalisation Paratonnerre (UTE/CEF/81 : Procès Verbal PV 681-280 de la réunion du 7 mai 2010)

R Oui dans la majorité des cas un parafoudre de type 1 (qui fait partie intégrante du SPF) doit être prévu.

Pour ne pas installer de parafoudre, il faut que l'étude technique démontre qu'une autre solution apporte la même efficacité. Dans ce cas, la norme NF EN 62305-4 propose différentes solutions.

Si un système de protection contre la foudre (SPF) est nécessaire et que la structure du bâtiment peut être ce SPF, ceci équivaut à une protection de type paratonnerre réalisée par la structure. Ainsi, la norme NF C 15-100 s'applique et une protection des lignes par parafoudre est nécessaire.

De plus, la norme NF EN 62305-3, précise :

6.2.3 Equipotentialité de foudre des éléments conducteurs extérieurs

Pour les éléments conducteurs extérieurs, l'équipotentialité de foudre doit être établie aussi près que possible de leur point de pénétration dans la structure à protéger.

6.2.5 Equipotentialité de foudre des lignes connectées à la structure à protéger

Une telle équipotentialité de foudre pour les lignes électriques et de télécommunication doit être réalisée conformément à 6.2.3.

Il convient que tous les conducteurs de ligne soient mis à la terre directement ou par parafoudre.

Seuls, les conducteurs actifs sont reliés à la barre d'équipotentialité par des parafoudres. En schéma TN, les conducteurs PE ou PEN doivent être reliés à la barre d'équipotentialité directement ou par parafoudre.

la norme NF EN 62305-4 peut être utilisée pour justifier l'absence de parafoudre sur certaines lignes lorsqu'il est démontré que l'agression de la foudre est déjà atténuée en ces points.

Q Quelle est la différence entre un parafoudre de niveau 1, 2, 3 ou 4 et un parafoudre de type 1, 2 ou 3 ?

R Il s'agit de caractéristiques différentes.
Le niveau correspond à une efficacité de la protection du parafoudre. Il permet de dimensionner en courant du parafoudre (I_{imp}).
Le type indique la forme d'onde de courant que le parafoudre peut canaliser vers la terre sans dommage. Un parafoudre de type 1 accepte une onde qui correspond à une agression directe de la foudre (durée de l'onde 350 μ s). Le type 2 n'accepte qu'une onde d'une durée de 80 μ s.
En présence de paratonnerre, le parafoudre doit être de type 1. Il porte l'indication T1, la valeur de I_{imp} est indiquée sur le produit. Le parafoudre de type 2 ne donne pas d'indication de I_{imp} mais une valeur de I_n .

Q Lorsque l'ARF indique que la méthode d'analyse est déterministe et que le besoin de protection pour la structure est de niveau 1. Est ce acceptable ?

R Non, c'est insuffisant car il faut montrer que la protection réduit le risque à un niveau tolérable. La norme NF EN 62305-2 introduit des niveaux de protections supérieurs à 1 qui peuvent être nécessaires.

La protection systématique de certaines installations peut être retenue, mais elle ne dispense pas de mettre en œuvre la méthode NF EN 62305-2.

Pour la majorité des ARF qui annoncent une protection déterministe, le risque n'a pas pu être réduit en ajoutant des protections dans le calcul selon la norme NF EN 62305-2. Il est souvent constaté que le problème vient d'une mauvaise maîtrise de la norme et/ou que le danger est surévalué. Dans ce cas, le risque ne peut être réduit avec des protections classiques (paratonnerres et parafoudres).

Q Le calcul selon la norme NF EN 62305-2 peut-il être appliqué à un bac de stockage ? Comment traiter les équipements extérieurs qui ne sont pas abrités dans des structures ?

R Oui. La méthode NF EN 62305-2 prévue pour des bâtiments peut s'appliquer à des structures extérieures. L'annexe B du présent rapport illustre l'application de la méthode pour un bac de stockage et un rack.

Comment sont traités les équipements importants pour la sécurité dans l'ARF ?

Q

Les modes de défaillance des systèmes électriques, doivent être identifiés préalablement à l'ARF. Lorsqu'une défaillance simple peut conduire à une situation dangereuse (perte de la sécurité d'un système), la décision de protéger est retenue.

R

Enquête IPSOS en 2002 :

20 % des installations ne bénéficient pas d'un système de protection,

80 % des dommages causés par la foudre sont des dégâts électriques

Le risque pour les équipements n'est pas seulement la perte des utilités ou de leur destruction mais aussi des comportements erratiques pouvant induire des dérives de procédé ou des risques de blocage en position non sûr. Par conséquent, les systèmes à sécurité positive ne sont retenus dans l'analyse que s'il est démontré que les effets de la foudre ne remettent pas en cause la fonction à sécurité positive.

La norme NF EN 62305-2 ne considère que les zones 0 à risque d'explosion. Comment sont traitées les zones 1 et 2 ?

Q

L'édition 2006 de la norme NF EN 62305-2 ne traite que des zones de dangers permanents. Les situations occasionnelles (zone ATEX temporaire, activité saisonnière des silos et sucreries...) ne sont pas pris en compte.

R

Il peut être utile de traiter successivement un risque occasionnel puis un risque permanent :

1. Un premier calcul (voir logigramme page 17) est réalisé avec une durée d'exposition au risque (T_p) correspondant à la concomitance de la présence de personnes et l'apparition du risque occasionnel. Des mesures peuvent être nécessaires pour réduire ce premier risque.
2. Un second calcul (même méthode que précédemment) est ensuite réalisé avec une durée d'exposition au risque (T_p) où le risque est l'incendie (voir **Tableau 1**). Des mesures peuvent être nécessaires pour réduire ce second risque.

Les mesures de protection à retenir sont celles qui couvrent les deux cas ci-dessus.

Un projet de révision de la norme NF EN 62305-2 intègre des valeurs spécifiques de r_f pour traiter les zones Z1, Z2, Z21 et Z22. A ce jour, ce projet de norme n'est pas encore accepté au niveau européen. Cette méthode peut être utilisée, elle donne une valeur de risque comparable à la méthode proposée page 17.

Q

Peut-on considérer une structure abritant des produits inflammables stockés dans des contenants métalliques étanches comme une structure qui présente un risque d'incendie faible ?

Question traitée par le comité français de normalisation Paratonnerre (UTE/CEF/81 : **681-274**)

R

Oui.

Si on peut démontrer que la foudre ne peut pas frapper directement les contenants métalliques (c'est à dire que le produit inflammable peut être considéré au minimum en ZPF2 selon la norme NF EN 62305-4), il est acceptable de considérer un risque d'incendie faible vis-à-vis de la foudre pour la structure.

5 EXIGENCES POUR UNE ETUDE TECHNIQUE

5.1 LES OBJECTIFS DE L'ET

Dans le cas où une ARF définit un besoin de réduction du risque foudre (même s'il est probable que la protection existante répond au besoin), une étude technique (ET) doit être menée.

L'ET définit précisément :

- ✓ les mesures de prévention (si l'ARF le prévoit),
- ✓ les dispositifs de protection, le lieu de leur implantation,
- ✓ les modalités de vérification et de maintenance. (Une notice de vérification et de maintenance est rédigée lors de l'étude technique.)

5.2 LES STRUCTURES A PROTEGER

Les structures à protéger sont celles identifiées par 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.

5.3 LES METHODES DE PROTECTION

5.3.1 les types de protection

L'ARF indique le niveau de protection (I à IV) du Système de Protection contre la Foudre (SFF) à mettre en œuvre. Les normes de protection n'indiquent pas le type de protection (paratonnerre à tige simple, cage maillée ou fil tendu) qui correspond au niveau de protection. Chaque type de protection doit être dimensionné en fonction du niveau à obtenir.

Les différents types de protection sont définies dans les normes NF EN 62305-3 et NF EN 62305-4.

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, un coefficient de sécurité qui réduit le rayon de 40% par rapport à la valeur indiquée dans la norme NF C 17-102 (1995) doit être appliqué dans tous les cas.

Les parafoudres doivent être 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.

Protection par PDA :

Il faut s'assurer que le fonctionnement de la partie active des PDA est testé lors des vérifications.

5.3.2 les systèmes de prévention

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

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

5.4 LA PRESENTATION DES RESULTATS DE L'ET

L'ET identifie :

- *le type (cage maillée, paratonnerre à tige, composant naturel de protection...) 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).*
- *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 systèmes de protection complémentaires (blindage de câble, blindage de locaux, cheminement des câbles...).*

L'ET comprend une notice de vérification et de maintenance.

Les points importants à contrôler dans une ET sont :

- 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, le coût de maintenance et de vérifications périodiques,
- Le calcul des distances de sécurité à chaque niveau (étage) de la structure, (distance à partir de laquelle le risque d'étincelage est maîtrisé)
- Le calcul des caractéristiques des parafoudres (en tension et en courant),
- Le cahier des charges suffisamment précis pour une consultation des sociétés d'installation de protection.

*La valeur minimale du courant I_{imp} des parafoudres de type 1 doit être précisée.
(Trop d'installations sont protégées uniquement par des parafoudres de type 2 insuffisants en cas d'agression directe par la foudre.*

5.5 QUESTIONS / REPONSES

Q Quels sont les niveaux à retenir dans une ET en absence d'ARF ?

R Sans ARF, il n'est pas possible de savoir si la protection répond au besoin. Cela ne répond pas à l'exigence réglementaire.

Q Lorsqu'une protection est en place, l'ARF peut elle conclure que la protection est suffisante, sans faire une ET ?

R Non. Pour réduire le risque, 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 et NF EN 62305-4. L'ET permet de définir les protections conformément à cette exigence.

Q Les compteurs de coup de foudre sont-ils obligatoires ?

R Non, c'est un moyen d'enregistrer les agressions de la foudre sur une structure mais l'exploitant peut choisir d'autres moyens d'enregistrement.

6 EXIGENCES POUR UNE NOTICE DE VERIFICATION ET DE MAINTENANCE

6.1 LES OBJECTIFS DE LA NOTICE DE VERIFICATION ET DE MAINTENANCE

L'objectif de la notice est d'indiquer 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 certain paratonnerre)

6.2 LA PRESENTATION DE LA NOTICE

La notice comprend au minimum trois parties :

1. 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 ;
2. La localisation des protections. (Les protections sont repérées sur un plan tenu à jour)
3. Les fiches 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 points importants à contrôler dans une notice de vérification et de maintenance :

- ✓ l'exhaustivité des vérifications (toutes les protections définies dans l'ET puis installées font partie de la vérification)
- ✓ lorsque la protection est assurée par un paratonnerre à dispositif d'amorçage, le contrôle complet biennal est défini. (vérification du fonctionnement du PDA tel que le prévoit le constructeur)
- ✓ les distances de séparation sont précisées (cf. définition page 7)

6.3 QUESTIONS / REPONSES

Q Une notice de vérification et de maintenance est-elle nécessaire lorsque la structure bénéficie d'un SPF naturel ?

R Oui, il est indispensable de vérifier l'état de tout SPF même lorsque ce dernier est assuré par la structure elle-même.
Une notice de vérification n'est pas nécessaire lorsque l'ARF indique qu'aucune protection n'est nécessaire vis-à-vis de la foudre.

Q Est-il acceptable de ne pas réaliser la vérification de la partie active des PDA sous prétexte que le test de ces derniers ne peut pas être réalisé de manière simple sur place ?

R Non, la défaillance de la partie active des PDA réduit considérablement l'efficacité de la protection.

7 INSPECTION D'UNE INSTALLATION DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

7.1 OBJECTIFS DU SPF

L'objectif principal du Système de Protection contre la Foudre (SPF) est d'assurer une protection contre la foudre de sorte 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 est de garantir le bon fonctionnement de la protection des structures. En effet, l'efficacité des protections contre la foudre est liée pour une partie importante à la bonne installation des produits.

7.2 LES REGLES D'INSTALLATION

7.2.1 LES SPF

Les normes NF EN 62305-3 et 4 contiennent de nombreuses annexes illustrées qui décrivent précisément les dispositions possibles pour l'installation des protections. La norme NF C 17-100 est abandonnée pour les installations nouvelles. (cf. Fiche d'interprétation UTE 17-100F5 d'août 2009)

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

- 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 (NF EN 62305-3).
Il convient cependant que la résistance de terre des dispositifs de capture pour les structures contenant des matériaux explosifs solides et des mélanges explosifs soit la plus faible possible et non supérieure à 10 Ω .
- L'interconnexion au sol des prises de terre de disposition A (prise de terre au pied de chaque descente) n'est pas indispensable pour être en conformité à la norme NF EN 62305-3.
- Le nombre de conducteur de descente des SPF est au minimum de deux. (NF EN 62305-3 § 5.3)
- La possibilité d'utiliser les boucles à fond de fouille (NF EN 62305-3 § 5.4.2.2) si la section est d'au minimum de 50 mm².
- Sur les toitures flottantes des bacs, il est recommandé que des shunts multiples comprenant les bandes en acier entre la toiture flottante et la coque du réservoir soient prévus tous les 1,5 m sur la périphérie de la toiture. L'installation

d'un parafoudre sur les services entrants (conducteurs actifs) dès lors qu'un SPF est nécessaire.

7.2.2 PROTECTION DES EQUIPEMENTS

7.2.2.1 REDUCTION DE L'IMPULSION ELECTROMAGNETIQUE 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 mises en œuvre 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): volume où existent des réseaux internes à protéger.

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 zone.

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 zone. Le nombre de parafoudres peut être réduit en utilisant des ZPF interconnectées ou étendues.

La mise à la terre et les équipotentialités sont obligatoires pour les services entrants.

7.2.2.2 PARAFONDRES COORDONNES

Si deux ou plusieurs parafoudres sont installés en cascade dans le même circuit, ils doivent être coordonnés du point de vue énergétique afin que les contraintes soient partagées en fonction de leur aptitude d'absorber l'énergie de l'impulsion foudre.

Pour une coordination efficace, les caractéristiques individuelles des parafoudres, l'emplacement et les caractéristiques des matériels à protéger doivent être prises en compte.

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

Un réseau interne est protégé si

- sa tenue aux chocs U_w est supérieure ou égale au niveau de protection U_p du parafoudre;
- il est coordonné en énergie avec le parafoudre amont.

L'efficacité des parafoudres coordonnés dépend non seulement d'un choix approprié, mais essentiellement de leur mise en œuvre. Le guide UTE C 15-443 précise les règles d'installations des parafoudres basse tension.

Un 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 peut nécessiter une protection complémentaire coordonnée par parafoudres de type 2).

7.3 QUESTIONS / REPONSES

Q Le rayon de courbure minimal des conducteurs de descentes de paratonnerres n'est pas indiqué dans la norme NF EN 62305-3.
Quelle est la valeur acceptable ?
(Ancienne valeur préconisée dans la norme NF C 17-100 : 20 cm)

R Il n'y a pas de valeur imposée, un calcul doit être réalisé. En effet, la notion de rayon de protection disparaît au profit de la Distance de séparation. La norme NF EN 62305-3 propose de calculer une distance de séparation qui indique la distance à partir de laquelle il n'y a pas de risque d'amorçage.
Cette valeur est indiquée dans l'ET.

Q Faut-il une protection mécanique (coque inox par exemple) en partie basse des conducteurs de descente ?

R Non, ce qui est préconisé, c'est une protection contre le risque de contact par les personnes.

Q Quelle est la configuration et la valeur de résistivité maximale à retenir pour les prises de terre ? (patte d'oie, 10 ohms)

R La norme NF EN 62305-3 ne mentionne pas les terres en patte d'oie ou en triangle. Les prises de terre sont de type A ou B (ou une combinaison des deux).

La valeur de 10 ohms est seulement recommandée (non obligatoire). Lorsque la valeur est supérieure à 10 ohms, c'est la longueur des électrodes dans le sol qui peut démontrer la conformité d'une prise de terre.

NB : lorsque la prise de terre fait plus de 10 ohms, les parafoudres doivent être dimensionnés en conséquence.

8 EXIGENCES POUR LES VERIFICATIONS DES PROTECTIONS

8.1 OBJECTIFS DES VERIFICATIONS

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

8.2 MOYENS

Il est indispensable que les vérifications se réfèrent à la notice de vérification et de maintenance pour statuer sur la conformité des protections.

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

Pour la protection par PDA, il convient d'ajouter les dispositions complémentaires de la norme NF C 17-102.

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

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

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.

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.

8.3 METHODE DE VERIFICATIONS

La vérification visuelle indique que :

1. A l'extérieur des structures,

- ✓ la conception est conforme aux normes de protection contre la foudre,
- ✓ 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 et protégés contre les chocs et à leur juste place,
- ✓ aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose de protection complémentaire,
- ✓ aucun dommage du système de protection, des parafoudres et des fusibles n'est relevé,
- ✓ l'équipotentialité a été réalisée correctement pour de nouveaux services intérieurs à la structure depuis la dernière inspection et les essais de continuité ont été effectués,
- ✓ les conducteurs et connexions d'équipotentialité à l'intérieur de la structure sont en place et intacts,
- ✓ les distances de séparation sont maintenues,
- ✓ les mesures des conducteurs et des bornes d'équipotentialité, des écrans, du cheminement des câbles et des parafoudres ont été contrôlés et testés.

2. A l'intérieur des structures

- ✓ les connexions sont serrées et qu'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.

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

1. 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.
2. 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.

8.4 LA PRESENTATION DES RESULTATS

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 ont lieu d'être revus);
- les résultats des mesures effectués.
- l'état de protection des équipements (bon état des parafoudres),
- toute(s) déviation(s) par rapport aux exigences de conception;
- les écarts par rapport aux normes d'installation.

Il n'est pas acceptable qu'un rapport de vérification mentionne que la vérification d'un produit de protection n'a pu être vérifiée faute de moins de test. Tout moyen de protection doit être vérifié.

Les points importants à contrôler dans un rapport de vérification :

- Le type de vérification (initiale, visuelle ou complète)
- Les normes de référence (les normes sont celles en vigueur au moment de l'installation des protections, il n'y a pas d'effet rétroactif)
- La vérification des distances de sécurité à chaque niveau (étage) de la structure,
- Les caractéristiques des parafoudres (en tension et en courant),
- L'indication de la modification de l'installation nécessitant une révision de l'ARF et/ou de l'ET.
- Les réserves émises et la suite qui a été donnée.

8.5 QUESTIONS / REPONSES

Q Un exploitant peut-il réaliser les vérifications de ses installations ? (dans la mesure où il est reconnu compétent)

R Oui. L'arrêté n'exclut pas formellement cette possibilité mais cela n'est pas dans l'esprit du texte.

9 RÉFÉRENCES

- [1] UTE C 15-443 : GUIDE PRATIQUE - Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres - Choix et installation des parafoudres
- [2] NF EN ISO 9001: - Systèmes de management de la qualité – Exigences novembre 2008
- [3] NF EN 62305-1 Protection contre la foudre – Partie 1 : Principes généraux
- [4] NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre - Partie 2 : Evaluation du risque
- [5] NF EN 62305-3 Protection contre la foudre – Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains
- [6] NF EN 62305-4 « Protection contre la foudre – Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures ».
- [7] Rapport INERIS DRA-10-109423-13135A « Protection contre la foudre des installations classées pour la protection de l'environnement » (OMEGA3) décembre 2010

10 LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nbr pages
A	Paramètres et variables de la norme NF EN 62305-2	5
B	ARF de réservoirs de stockage	4

ANNEXE A

PARAMETRES ET VARIABLES DE LA NORME NF EN 62305-2

PARAMETRES L'ARF

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.

Tableau 3

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) Pondère le nombre de coup de foudre attendu sur la structure. (valeurs possibles : 0,25 , 0,5 , 1 et 2)
Ce	Facteur d'environnement	Pondère l'affaiblissement électromagnétique du lieu (en zone urbaine, un nombre important d'immeubles d'une vingtaine de mètre 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 atténué 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 coup de foudre attendu.
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 cChocs 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.
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'événement attendu 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

Variable	Désignation	Commentaires
		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 coup de foudre par km ² /an. La valeur peut être issue d'une carte (la norme NF C 15-100 propose une carte) ou obtenue dans un service comme METEORAGE.
10.1.1 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.

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.

Tableau 4

Variable	Désignation	Commentaires
Kd	Facteur associé aux caractéristiques d'un service	Avec écran (blindage) en contact avec le sol (Kd = 1) Avec écran non en contact avec le sol (Kd = 0,4)
Kms	Facteur relatif aux performances des mesures de protection contre l'IEMF	$Kms = KS1 \times KS2 \times KS3 \times KS4$
Kp	Facteur associé aux mesures de protection choisies dans un service	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de mesures de protection (Kp = 1) • Fils d'écran complémentaires – Un conducteur (Kp = 0,6) • Fils d'écran complémentaires – Deux conducteurs (Kp = 0,4) • Conduit de protection contre la foudre (Kp = 0,1)

Variable	Désignation	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none"> • Câble armé ($K_p = 0,02$) • Fils d'écran complémentaires – Tube en acier ($K_p = 0,01$)
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.
KS3	Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne	<ul style="list-style-type: none"> • Câble non écranté – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles ($K_{s3} = 1$) • Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille ($K_{s3} = 0,2$) • Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles ($K_{s3} = 0,02$) • Câble écranté avec résistance d'écran $5 < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$ ($K_{s3} = 0,001$) • Câble écranté avec résistance d'écran $1 \leq R_s < 5 \Omega/\text{km}$ ($K_{s3} = 0,0002$) • Câble écranté avec résistance d'écran $R_s < 1 \Omega/\text{km}$ ($K_{s3} = 0,0001$)
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	Dépend du niveau de protection
Pspd	Probabilité de défaillance des réseaux internes ou d'un service avec l'installation de parafoudres	Dépend du niveau de protection
ra	Facteur de réduction associé au type de sol	Résistance de contact : <ul style="list-style-type: none"> • $\leq 1 \text{ k}\Omega$ ($r_a = 10^{-2}$) • $1 \text{ à } 10 \text{ k}\Omega$ ($r_a = 10^{-3}$) • $10 \text{ à } 100 \text{ k}\Omega$ ($r_a = 10^{-4}$) • $\geq 100 \text{ k}\Omega$ ($r_a = 10^{-5}$)
rp	Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de disposition ($r_p = 1$) • Une des dispositions suivantes: extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement,

Variable	Désignation	Commentaires
		installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiments étanches, voies d'évacuation protégées (rp = 0,5) <ul style="list-style-type: none"> • 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 $t < 10$ 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 1

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-dessous.

Tableau 5

Variable	Désignation	Commentaires
hz	Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial	Voir <i>Tableau 3</i>
Lo	Pertes dues aux défaillances des réseaux internes	
Lt	Pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas	
np	Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)	Voir page 16
nt	Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure	Voir page 16
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 page 16

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

Chaque risque **R** est la somme des risques qui le composent. Lorsqu'on les ajoute, 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 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 a 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, avec le type L1 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: Risque de perte de vie humaine :

$$R1 = RA + RB + RC^{(1)} + RM^{(1)} + RU + RV + RW^{(1)} + RZ^{(1)}$$

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

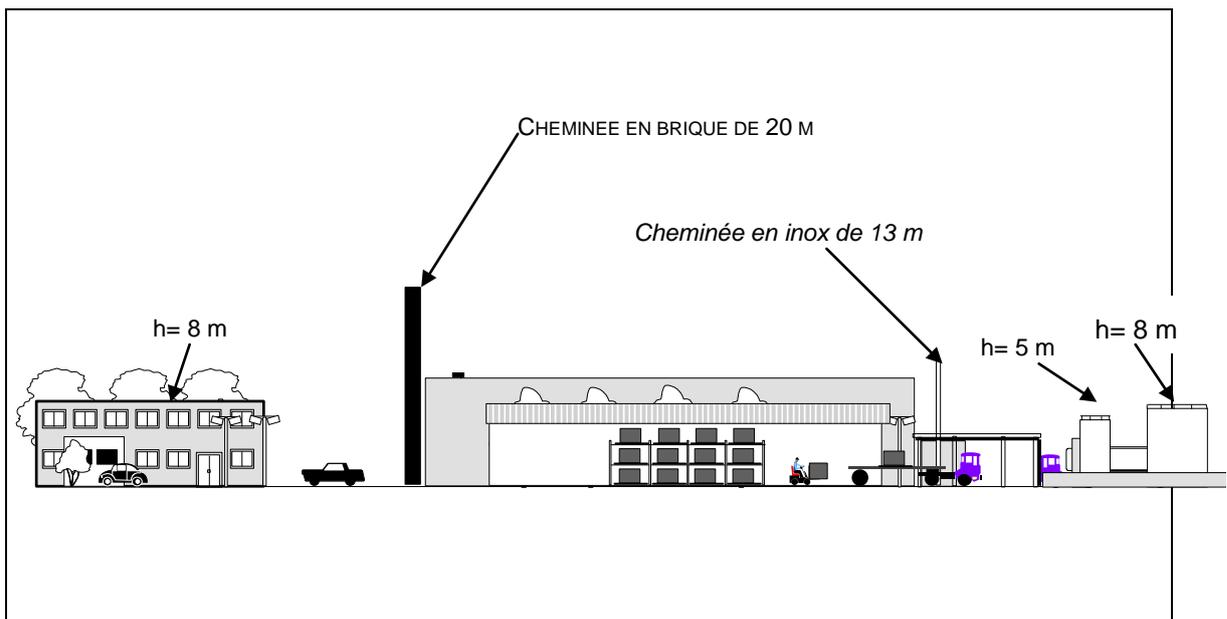
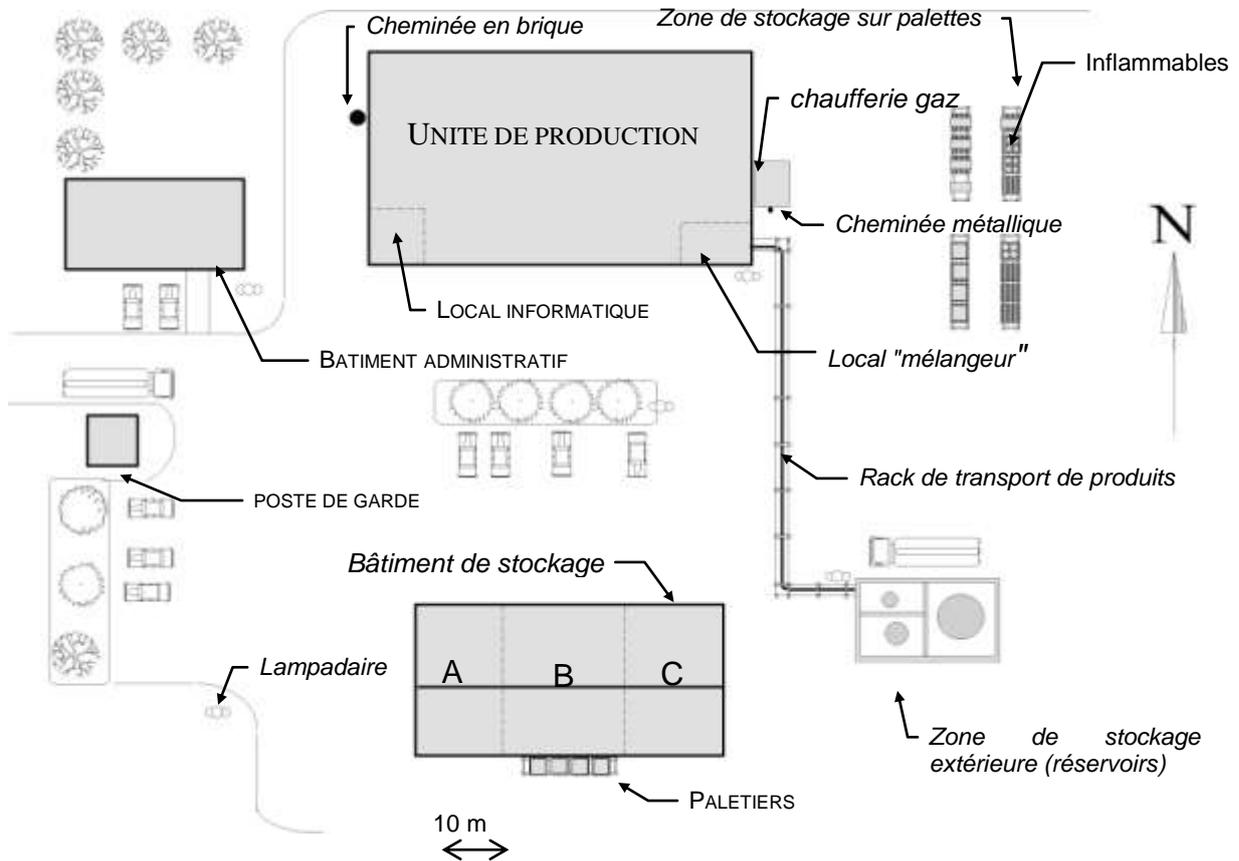
ANNEXE B

Analyse du Risque Foudre

Réservoirs de stockage

ARF d'une installation classée

Cette annexe propose d'illustrer la réalisation d'une ARF sur une installation classée fictive. Cette installation a déjà été utilisée en 2000 pour décrire la méthode de protection contre la foudre selon les normes et la réglementation applicables à l'époque. (Rapport INERIS – OMEGA 3 – Le risque foudre et les installations classées pour la protection de l'environnement – septembre 2001)



Réservoirs de stockage

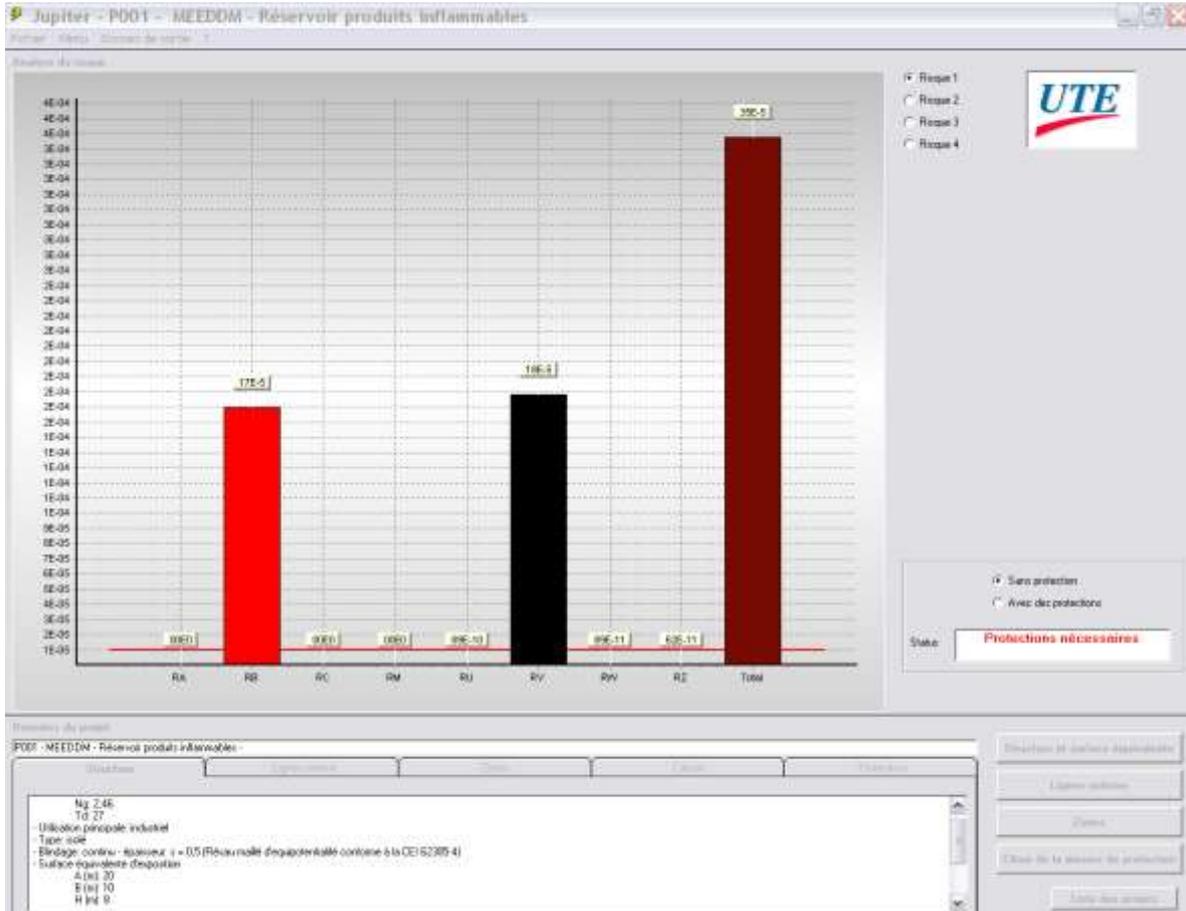
Les réservoirs de stockage représentés sur le plan page précédente sont situés à l'intérieur d'une rétention de dimension 20 m x 10 m. La hauteur du réservoir le plus haut est de 8 m.

L'étude de danger retient un risque d'incendie au niveau des réservoirs de stockage (la zone d'effet n'inclut pas les autres bâtiments du site).

Données recueillies sur le site	Utilisation avec la norme NF EN 62305—2 (voir liste des paramètres en annexe A)
La densité de foudroiement est de 2,46 impacts/km²/an sur le site.	Ng = 2,46
les réservoirs présentent un volume de dimension 20m x 10m x 8m qui peut être frappé par la foudre.	L = 20 l=10 H=8 Cd = 1 Ce = 1
Risque de feu : élevé Dommages pour l'environnement	Rf = 0,1 hz = 20 Rp = 0,2 Valeur de Lf et Lt par défaut (voir <i>Figure 1</i>)
Des liaisons électriques relient par des câbles blindés les réservoirs à l'unité de production.	Ha = 11 La = 50 Wa = 20 l = 30 Ct = 1 Hc = 6 KS4 = 1 Lc = 50 n = 1 ρ = 500 n = 1 Rs = 1 Kd = 1 Kms = 1 Kp = 1 ra = 0,01

Les calculs sont réalisés de manière itérative selon la méthode décrite dans la norme NF EN 62305-2 (avec le logiciel JUPITER). La protection intrinsèque des réservoirs métalliques n'est pas prise en compte dans le premier calcul. Le risque de perte de vie humaine est alors de $35 \cdot 10^{-5}$ (voir figure page suivante), il est supérieur au risque tolérable 10^{-5} . Une protection de l'installation est nécessaire vis-à-vis du risque, un autre calcul doit permettre de déterminer le besoin de protection.

Figure 2 : Niveau de risque des réservoirs

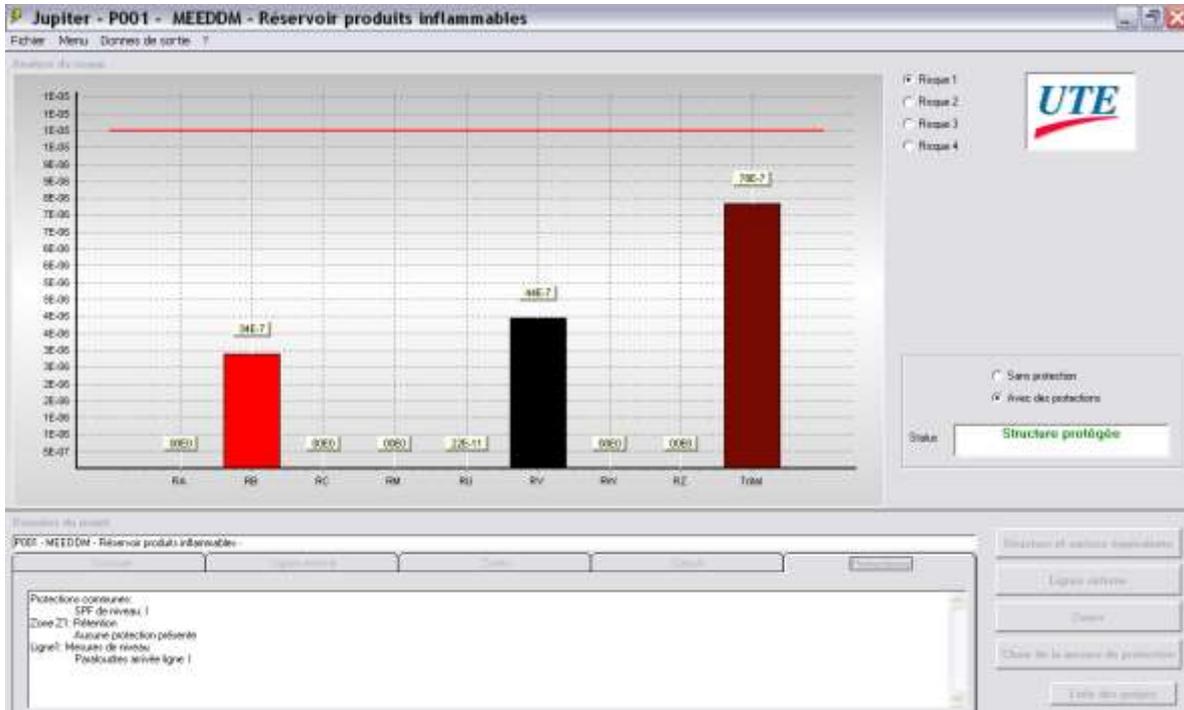


La Figure 2 indique que le risque Rb (voir définition page 5 de l'annexe A) vaut $17 \cdot 10^{-5}$. Une protection de niveau II ($P_b = 0,05$) peut réduire cette composante à $0,87 \cdot 10^{-5}$, ce qui serait suffisant en absence des liaisons électriques. La composante Rv est supérieure à 10^{-5} , il vaut donc aussi réduire cette valeur en assurant une protection sur les liaisons. Il faut que le risque R1 soit inférieur ou égal à 10^{-5} .

Un second calcul retient une protection de niveau I :

- ✓ Système de protection contre la foudre (SPF) de niveau I,
- ✓ Protection des lignes de niveau I.

Figure 3 : Niveau de risque des réservoirs avec protections



L'ARF conclut qu'une protection de niveau I est nécessaire pour la zone de stockage.

Remarque : L'ARF ne peut pas conclure qu'aucune protection n'est nécessaire en faisant l'hypothèse que la protection intrinsèque de l'installation répond au besoin.

En effet, la protection intrinsèque d'une structure doit être évaluée selon les normes complémentaires à la norme NF EN 62305-2. Ceci est du ressort de l'étude technique.

L'étude technique prendra en compte la possibilité de retenir les réservoirs comme éléments naturels de protection (épaisseur des parois, mise à la terre, protection des points particuliers comme les événements). Les distances de sécurité seront calculées.

L'étude technique proposera une protection des lignes électriques par parafoudres et/ou en utilisant le concept de zone protection foudre (ZPF). Ainsi, il est possible de réduire le nombre de parafoudres en prenant en compte les caractéristiques des lignes et leur cheminement.

Les protections identifiées seront intégrées à la notice de vérification.