



RAPPORT D'ÉTUDE
N° DCE-09-103415-09517C

novembre 2009

**Exigences pour l'installation d'antennes
sur les silos de céréales
Application de l'arrêté du 23 février 2007**

INERIS

Exigences pour l'installation d'antennes sur les silos de céréales

Application de l'arrêté du 23 février 2007

Client : MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER (MEEDDM)

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

Dominique CHARPENTIER

Pierre GRUET

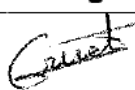

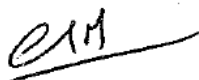
PREAMBULE

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, juillet 2009.

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			
Exigences pour l'installation d'antennes sur les silos de céréales			
Rédaction initiale			
Auteurs	Qualité	Date	Emargement
Pierre GRUET	Ingénieur à l'Unité PNEO	18/10/10	
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
Vérificateur final	Qualité	Date	Emargement
Dominique CHARPENTIER	Directeur adjoint de la Direction de la Certification	20/11/10	
Approbateur	Qualité	Date	Emargement
Christian MICHOT	Directeur de la Direction de la Certification	22/11/10	

REPERTOIRE DES MODIFICATIONS

Révision	Relecture	Modifications
Version A	juillet 2009	Version projet du document (21 pages + 3 annexes)
Version B	Septembre 2009	Version initiale du document (14 pages + 3 annexes)
Version C	Novembre 2009	Compléments demandé par DGPR/SRT/SDRA/BRTICP (14 pages + 3 annexes)

TABLE DES MATIERES

1	CONTEXTE ET OBJECTIF	6
2	ÉVALUATION DES RISQUES	6
2.1	DENTIFICATION DES RISQUES.....	6
2.2	EFFETS DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES.....	7
2.2.1	Source d'allumage : point chaud ou étincelle	7
2.2.2	Échauffement de produits stockés en masse.....	8
2.2.3	Perturbation de l'instrumentation de sécurité et des matériels électriques .8	
2.3	ÉCOULEMENT DE COURANT DU A LA Foudre	8
2.3.1	Généralités.....	8
2.3.2	Paramètres influant sur l'efficacité de la protection foudre.....	8
3	RECOMMANDATIONS	9
3.1	OBJECTIF DE SÉCURITÉ	9
3.2	RECOMMANDATIONS SUR LE SYSTEME DE TELECOMMUNICATION..	9
3.2.1	Surhauteur due aux antennes	9
3.2.2	Implantation des antennes	9
3.2.3	Protection contre la foudre	10
3.3	CONTENU D'UNE ÉTUDE TECHNIQUE DE L'IMPLANTATION D'ANTENNES SUR UN SILO	11
4	BIBLIOGRAPHIE	14
5	LISTE DES ANNEXES	14
	<ul style="list-style-type: none"> • Exemple de contenu d'une étude technique pour l'implantation d'antennes GSM sur un silo • Exemple de contenu d'une étude technique pour l'implantation d'antennes WIFI sur un silo • Démarche globale de protection contre la foudre d'un silo 	

1 CONTEXTE ET OBJECTIF

Un silo^[1] ne doit pas disposer de relais, d'antenne d'émission ou de réception collective sous ses toits, excepté si une étude technique justifie que les équipements mis en place ne sont pas source d'amorçage d'incendie ou de risque d'explosion de poussières. Les conclusions de cette étude doivent être prises en compte dans l'étude relative à la protection contre la foudre du silo.

Ce rapport fournit des recommandations techniques afin de maintenir la sécurité du silo et décrit les éléments que doit contenir l'étude technique d'implantation de systèmes radioélectriques sur silo.

Il s'applique à tous systèmes radiofréquences (téléphonie mobile, WiFi, ...) comprenant :

- une ou plusieurs antennes (de type – panneau, omnidirectionnelle, parabolique,...)
- un ou plusieurs câbles coaxiaux,
- une ou des armoires électriques (émetteur, traitement de signal, ...)

Le présent rapport comporte 3 parties:

- Une évaluation des risques susceptibles d'être induits par la présence d'antenne sur les silos.
- Des recommandations destinées à assurer un niveau de sécurité acceptable vis-à-vis de ces risques.
- La description des éléments que doit contenir l'étude technique

2 ÉVALUATION DES RISQUES

2.1 IDENTIFICATION DES RISQUES

La présence d'antenne est susceptible d'induire un risque d'incendie ou d'explosion dans un silo dont les causes peuvent être :

- Les ondes électromagnétiques émises par les antennes en fonctionnement normal qui peuvent créer des échauffements voire des sources d'allumage.
- Les ondes électromagnétiques peuvent perturber des organes de sécurité du silo tel que l'instrumentation pour la mesure et l'alarme de température.
- La défaillance d'une armoire électrique peut conduire à l'incendie des équipements de télécommunication.
- L'augmentation de la probabilité de foudroiement du silo. L'impact direct de la foudre sur une antenne peut être une source d'amorçage de poussières ou de gaz si l'écoulement de la foudre est mal maîtrisé.

2.2 EFFETS DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

2.2.1 SOURCE D'ALLUMAGE : POINT CHAUD OU ETINCELLE

Le guide CENELEC Tr 50472/2004 détermine les distances de sécurité entre les types d'émetteurs radioélectriques et les zones ATEX en fonction du groupe de gaz, par exemple 1,7 m pour un émetteur GSM en présence de méthane.

Il n'existe pas de document normatif définissant les distances de sécurité pour des atmosphères poussiéreuses. Bien que le risque majeur sur un silo soit associé au nuage de poussière (dont l'énergie d'inflammation pour les poussières considérées est nettement supérieure aux gaz), il n'est pas exclu que du méthane soit présent en cas de fermentation des produits agricoles.

Nous proposons d'être conservatif et de retenir dans tous les cas les distances fournies par le guide CENELEC Tr 50472/2004 pour le gaz méthane (groupe I). Le graphique ci-dessous fournit les distances en fonction de la fréquence des émetteurs radiofréquence. Ainsi dans la bande de 1000 à 3000 MHz (GSM) la limite est de 200 V/m. Ce niveau ne peut être obtenu que face aux antennes mais jamais à l'arrière d'antennes directionnelles. Il faudra donc s'assurer que les antennes ne rayonnent pas vers les équipements du silo mais toujours vers l'extérieur de la structure.

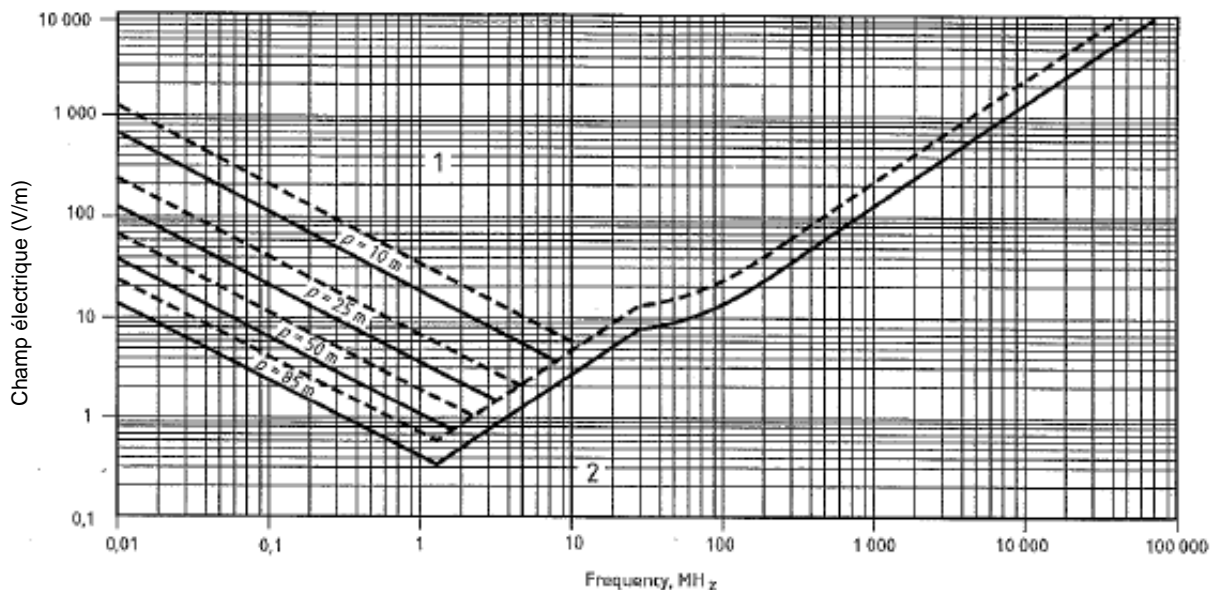


Figure 1 : Niveau de champ électrique d'inflammation en fonction de la fréquence d'une émission non modulée (extrait du rapport technique TR 50427 [9])

Zone 1 : inflammation potentielle

Zone 2 : pas de danger d'inflammation

----- Gaz de groupe I et IIA (exemple : Méthane)

_____ Gaz de groupe IIC (exemple : Hydrogène)

Note 1 : p est le périmètre de la boucle réceptrice

2.2.2 ÉCHAUFFEMENT DE PRODUITS STOCKES EN MASSE

La puissance émise par les antennes est telle que cet échauffement (effet type « chauffage micro-onde ») peut être considéré comme négligeable.

2.2.3 PERTURBATION DE L'INSTRUMENTATION DE SECURITE ET DES MATERIELS ELECTRIQUES

Le rayonnement électromagnétique peut perturber le fonctionnement d'organes de sécurité. Il sera nécessaire d'éloigner les antennes de ces matériels afin de s'assurer que le champ rayonné soit inférieur au seuil de susceptibilité ¹ de ces matériels qui doivent être conformes à la directive CEM 2004/108/CE. Les matériels destinés à une utilisation industrielles doivent fonctionner normalement en présence d'un champ électrique de 10 V/m. Il faudra donc s'assurer du respect des limites de susceptibilité CEM.

2.3 ÉCOULEMENT DE COURANT DU A LA Foudre

2.3.1 GENERALITES

Les antennes émergentes des superstructures d'un silo peuvent constituer des points de capture pour la foudre. Elles interviennent par conséquent sur les 2 composantes du risque lié à la foudre.

- Sur la probabilité d'impact qui peut être augmentée en cas de surhauteur importante.
- Sur les conséquences en cas de mauvais écoulement du courant de foudre capté créant des sources d'inflammation pour le silo.

2.3.2 PARAMETRES INFLUANT SUR L'EFFICACITE DE LA PROTECTION Foudre

Les paramètres influant sur l'efficacité de la protection foudre sont les suivants :

- Le nombre de conducteurs de descente de foudre.
- Le tracé de la descente de foudre.
- La position de la descente de foudre par rapport aux zones où peuvent se développer des suspensions de poussières ou des accumulations de poussières (proximité des convoyeurs, bouches d'aérations).

Note ¹ Susceptibilité : Tendance d'un appareil électrique à être perturbé par les autres appareils électriques l'entourant

- La position de la descente de foudre par rapport aux conducteurs du silo et à des circuits électriques sensibles exposés à des effets d'induction électromagnétique (conducteur, boucle ...).
- La position du câble coaxial et de l'armoire par rapport aux zones où peuvent se développer des suspensions de poussières.

3 RECOMMANDATIONS

3.1 OBJECTIF DE SÉCURITÉ

Compte tenu des risques décrit au §2, les recommandations portent principalement sur l'éloignement des antennes vis-à-vis des installations électriques du silo et sur la maîtrise du risque foudre.

La mise en œuvre des recommandations nécessite dans tous les cas une concertation entre l'exploitant du silo et l'opérateur de télécommunication afin d'optimiser la sécurité du système silo/antenne.

3.2 RECOMMANDATIONS SUR LE SYSTEME DE TELECOMMUNICATION

Indépendamment du respect des normes applicables aux équipements et à l'installation de ces équipements, les recommandations relatives à l'implantation d'antennes sur silos sont les suivantes :

3.2.1 SURHAUTEUR DUE AUX ANTENNES

Dans le cas où le silo dispose d'une protection foudre, il faut s'assurer que la sur-hauteur ne modifie pas le niveau de protection du système existant du silo. Dans le cas contraire, un niveau de protection doit être déterminé pour le silo et les protections adéquates doivent être mises en œuvre.

3.2.2 IMPLANTATION DES ANTENNES

1. Aucun composant relatif à l'instrumentation de sécurité ne doit être exposé à un champ électrique supérieur au seuil de susceptibilité CEM de ces équipements.
2. Les antennes et leurs équipements annexes ne doivent pas obstruer les panneaux de décharge de surpression.
3. Le nombre de conducteurs de descente de foudre et la position est à définir.

La multiplication des conducteurs de descente permet :

- de réduire le risque de claquage entre descente et conducteurs silo,
- de réduire le champ électromagnétique induit à l'intérieur du silo.

3.2.3 PROTECTION CONTRE LA Foudre

Les dispositions suivantes doivent être considérées comme impératives :

1. Un conducteur de descente de foudre ne doit pas cheminer dans des zones non confinées de suspension de poussières ou des zones d'accumulation de produits (proximité d'exutoire de système d'extraction de poussières par exemple).
2. Un conducteur de descente de foudre doit être éloigné des conducteurs silo, le calcul de la distance de séparation figure en annexe 2 §2.
3. Un conducteur de descente de foudre doit suivre un cheminement le plus direct possible.
4. Lorsqu'il existe un système de protection foudre du silo, la descente de foudre des antennes doit être reliée à ce système et le cheminement de raccordement doit être le plus direct possible.
5. Chaque conducteur de descente doit disposer d'une prise de terre interconnectée par ceinturage et orientée vers l'extérieur.
6. Les prises de terre du circuit de foudre doivent être reliées au circuit de terre général du silo.
7. Les câbles coaxiaux ne cheminent pas dans des zones non confinées de suspension de poussière où des zones d'accumulation de produits

En complément pour la terrasse du silo, les dispositions suivantes sont souhaitables :

1. Dans le cas où la descente de foudre se trouve à moins de 1 m d'un garde-corps, celui-ci doit être connecté au conducteur de descente.
2. Le conducteur de descente doit s'éloigner au maximum des installations techniques situées en terrasses, notamment si celles-ci sont au contact de suspension de poussières ou de gaz explosible.

3.3 CONTENU D'UNE ÉTUDE TECHNIQUE DE L'IMPLANTATION D'ANTENNES SUR UN SILO

L'étude technique doit d'abord décrire l'ensemble des équipements qui constitue l'installation :

- les types d'émetteur/récepteur (radio, téléphone, données, vidéo, géo-localisation...). Ces informations permettent de connaître les bandes de fréquences et les modulations utilisées et sont indispensables pour calculer le rayonnement émis.
- la puissance des émissions, le gain des antennes et le diagramme de rayonnement des antennes vont permettre de déterminer le niveau de rayonnement maximal dans les zones à risques. A défaut une mesure du champ électrique permet de vérifier la conformité sur le site.
- un plan de masse et un plan en élévation des antennes indiquant, lorsque c'est le cas, l'axe de rayonnement principal des antennes.
Les différents coffrets (énergie, télécom) ou le local spécifique abritant les armoires sont repérés sur un plan.
- un descriptif des liaisons électriques du relais/antennes et du silo qui l'héberge.

Certains silos hébergent plusieurs opérateurs qui déploient différents réseaux. La partie descriptive doit permettre de savoir à quoi servent les antennes, qui est chargé de l'exploitation et de la maintenance. L'évolution technologique de ce type d'installation est fréquente ; il est nécessaire de mettre à jour l'étude technique de sécurité lors de modifications notables (puissance, orientation des antennes) afin de garantir le niveau de sécurité.

Conformité aux recommandations du présent rapport

Une étude de sécurité d'un système de télécommunication sur un silo doit comporter les éléments suivants :

1. Une estimation de l'accroissement d'impact de foudre selon la surhauteur due aux antennes qui est prévue et l'incidence sur le niveau de protection.
2. Un repérage des zones où peuvent se développer des suspensions de poussières ou une génération de gaz explosible y compris les zones non confinées (par exemple à l'exutoire de système d'extraction).
3. Un repérage des conducteurs du silo qui peuvent créer des sources d'allumage dans les zones précédentes.
4. L'éloignement des câbles du relais/antennes par rapport aux câbles du silo
5. Proposer une implantation d'antennes respectant :
 - a. Le champ électrique à proximité des zones explosibles inférieur au niveau de la figure 1 selon le guide CENELEC . Tr 50472/2004
 - b. Le champ électrique à proximité des équipements électriques du silo inférieur au seuil de susceptibilité électromagnétique.
6. Décrire le dispositif de protection (capture, nombre et tracé de descentes de foudre de mise à la terre des descentes et de raccordement au circuit de terre du silo.

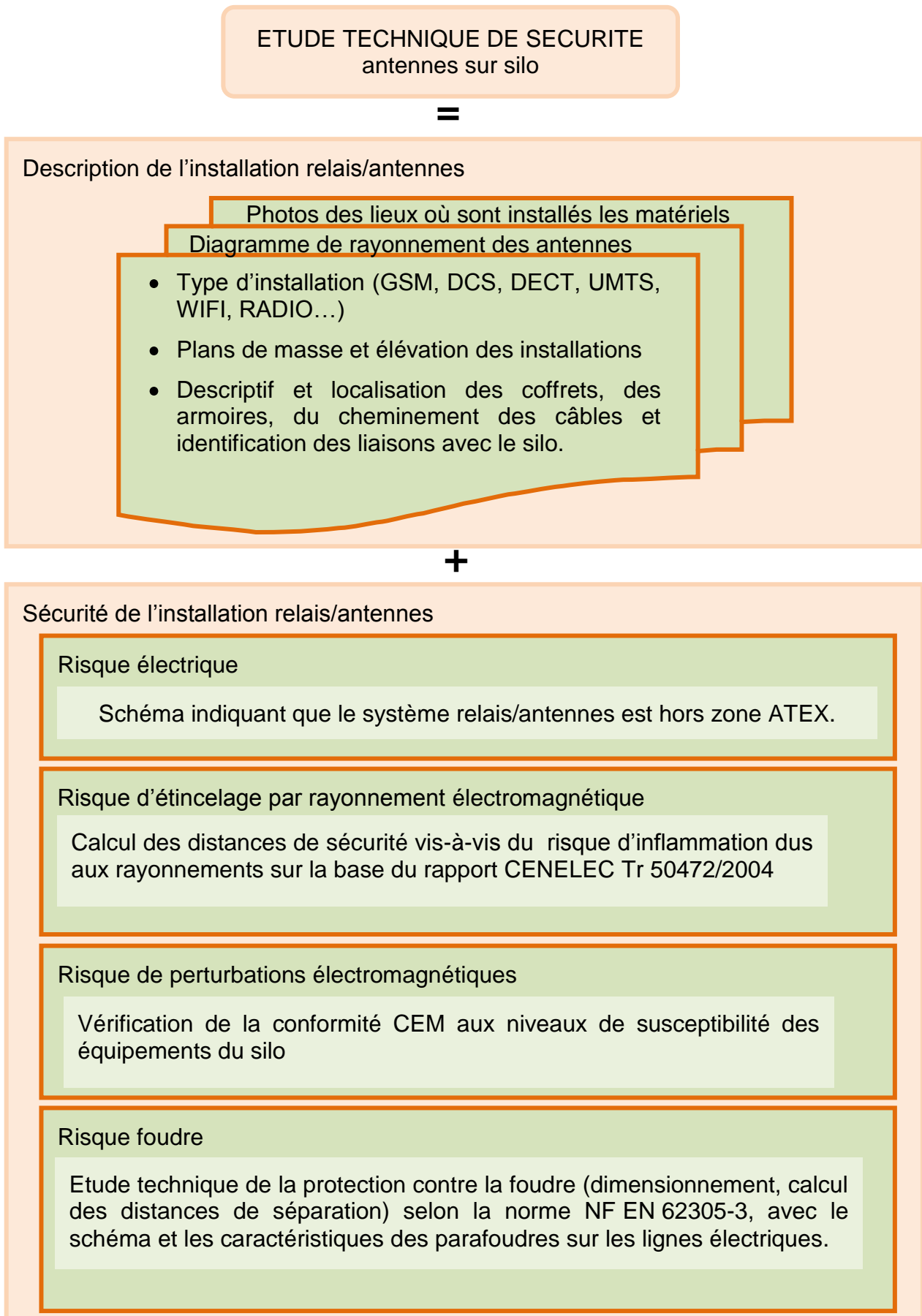
Conformité aux normes applicables

L'étude doit montrer que le système de télécommunication est conforme à :

- ✓ la norme NF C 15-100 [3] des installations électriques basse tension de l'installation relais/antennes.
- ✓ L'installation relais/antennes n'est pas en zone ATEX.
- ✓ la norme NF EN 62305-3 [6]¹ de la protection contre la foudre. Si l'installation de télécommunications est protégée par un système existant sur le silo et que les distances de séparation² sont respectées, une protection supplémentaire contre la foudre de cette installation n'est pas indispensable.
- ✓ aux normes de la protection contre la foudre des conducteurs électriques qui pénètrent dans le silo.

Note ² La norme NF EN 62305-3 précise le calcul des distances de séparation. Le risque d'étincelage est maîtrisé lorsque la distance entre un conducteur parcouru par un courant de foudre et un autre élément métallique du silo est supérieure à la distance de séparation.

Figure 2 : Logigramme du contenu d'une étude technique de sécurité



4 BIBLIOGRAPHIE

- [1] Arrêté du 23 février 2007 modifiant l'arrêté du 29 mars 2004 relatif à la prévention des risques présentés par les silos de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tous autres produits organiques dégageant des poussières inflammables.
- [2] Circulaire du 24 avril 2009 relative à l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées
- [3] NF C 15-100 « Installations électriques à basse tension »
- [4] UTE C 15-443 « Guide pratique - Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique : Choix et installation des parafoudres »
- [5] NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre - Partie 2 : Evaluation du risque »
- [6] NF EN 62305-3 « Protection contre la foudre - Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains »
- [7] NF EN 62305-4 « Protection contre la foudre - partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures »
- [8] NF EN 61000-4-3 « Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-3 : techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques »
- [9] "Evaluation des risqué d'inflammation des atmosphères inflammables par rayonnements de radiofréquence – Guide” CENELEC - CLC/TR 50427 - décembre 2004
- [10] "Risque d'inflammation d'une atmosphère explosible par un rayonnement électromagnétique" MINEFI fév. 2003 ref. 28435 INERIS D. CHARPENTIER-P. GRUET
- [11] Guide de sécurité pour l'implantation d'antenne en tête de silo – septembre 1998 - ministère + krebs speichim
- [12] Etude des risques induits par les antennes en tête de silos – Bouygues Telecom, France Telecom mobiles, Cegetel, du 30 septembre 1998
- [13] Etude générique de l'influence des antennes GSM sur les silos - ministère + Sechaud et Metz - juillet 1998
- [14] Note INRS n° 925-77-74 : Emetteurs d'ondes radioélectriques et atmosphères explosibles - calcul des distances de sécurité

5 LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nbr pages
A	Exemples de contenu d'une étude technique pour l'implantation d'antennes GSM sur un silo	4
B	Exemples de contenu d'une étude technique pour l'implantation d'antennes WIFI sur un silo	4
C	Démarche globale de protection contre la foudre	1

ANNEXE A

Exemple de contenu d'une étude technique pour l'implantation d'antennes GSM sur un silo

EXEMPLE : INSTALLATION D'ANTENNES DE TELEPHONIE MOBILE GSM SUR UN SILO

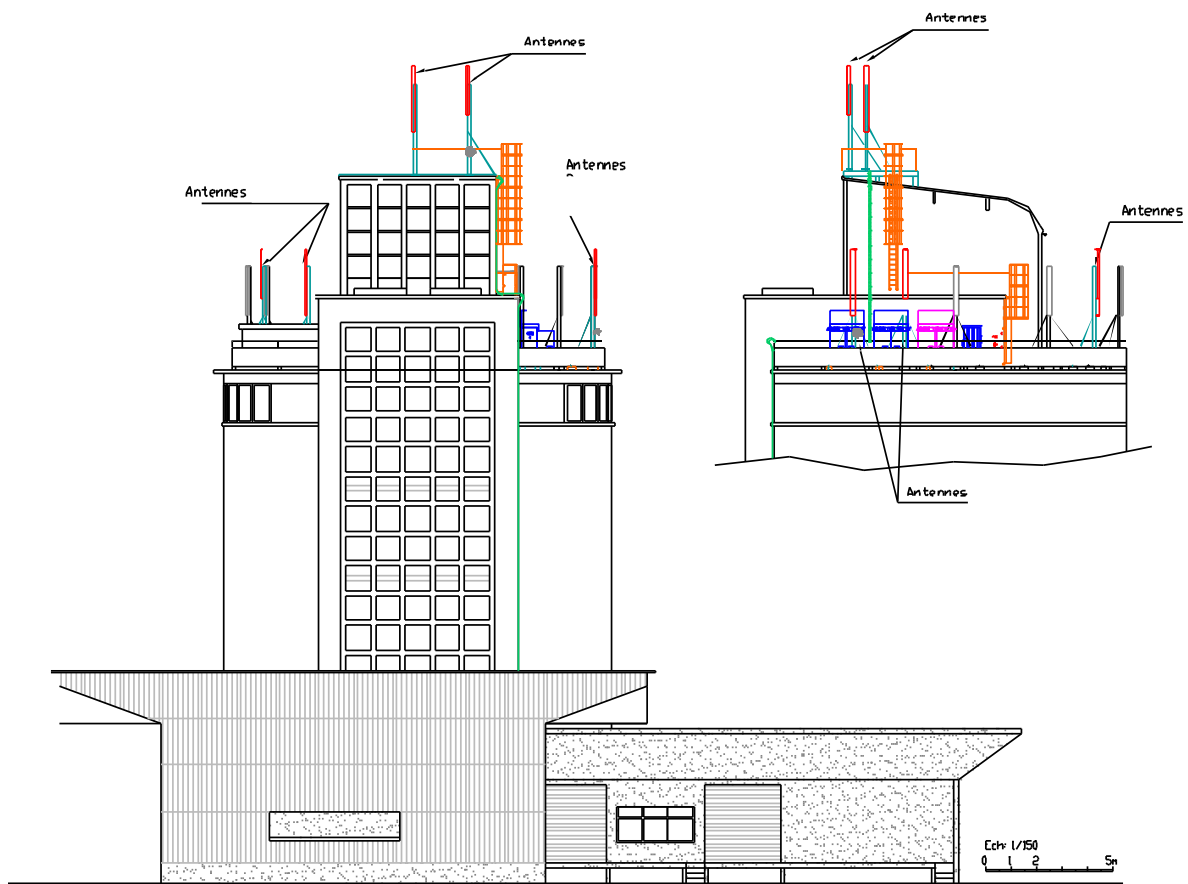
1 Descriptif de l'installation

- ✓ Les antennes sont implantées sur la terrasse des cellules du silo
- ✓ Type d'installation : *relais de téléphonie mobile GSM*



photo 1: vue générale du silo

Tous les matériels de télécommunication (antennes, baies électroniques) sont à l'extérieur au silo. **Les équipements sont situés hors zones explosibles (ATEX).**

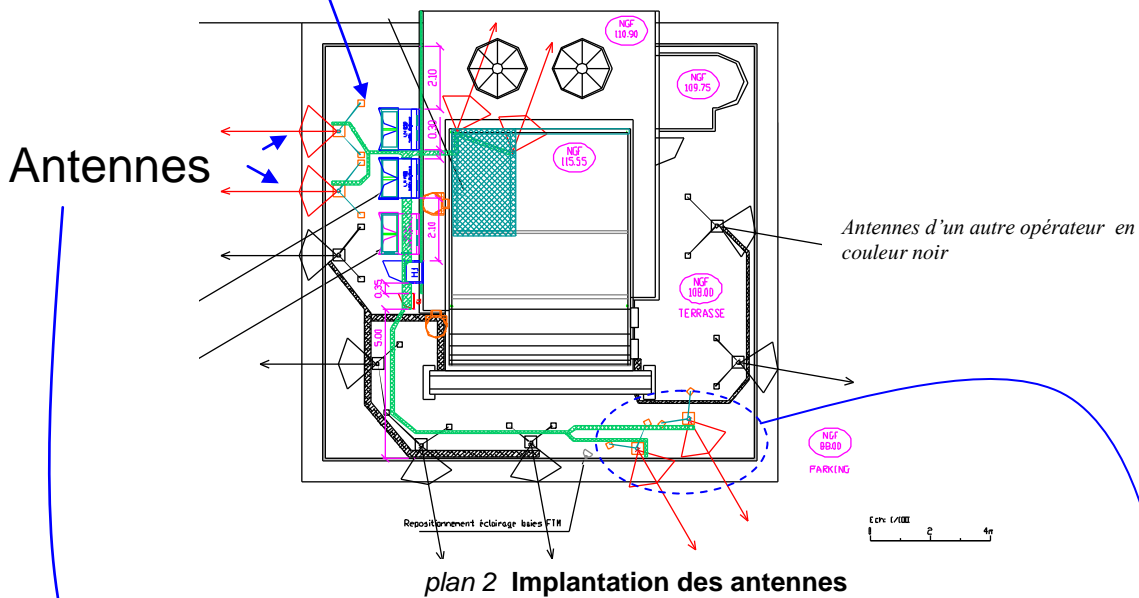


plan 1 Elévation du silo

La base de radiocommunications comprend deux baies de type BTS (Base Transmission System) et un coffret énergie (TD).



photo 1 Zone d'implantation de la base



plan 2 Implantation des antennes

Sur les mâts sont installées :
quatre antennes sur la terrasse à 23 m (en orange sur le plan 2),
deux antennes sur l'édicule à 28 m (en orange sur le plan 2),

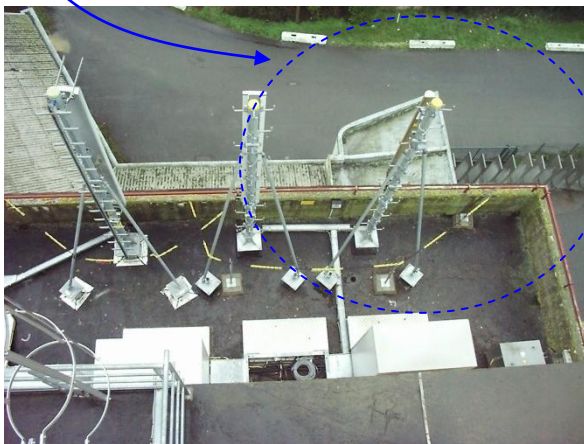


photo 2



photo 3

Le diagramme de rayonnement est représenté sur la figure ci-dessous.

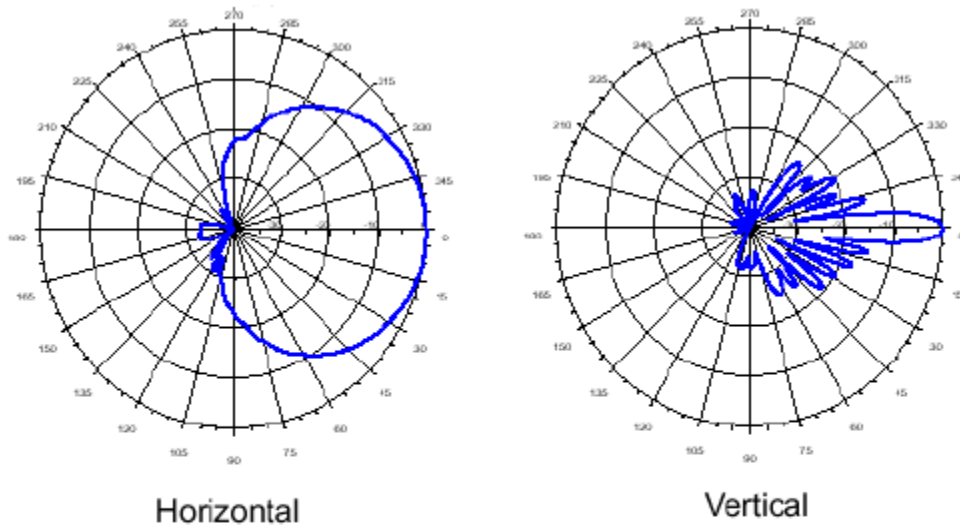
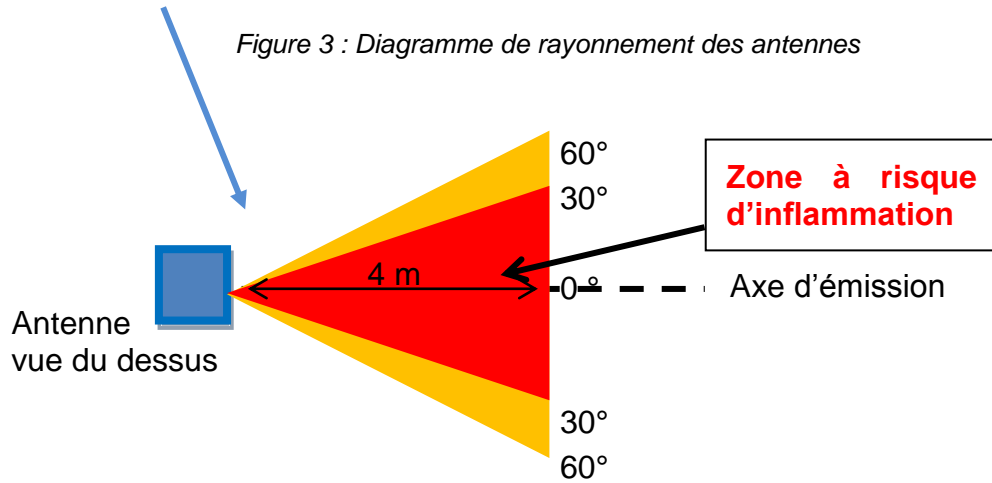


Figure 3 : Diagramme de rayonnement des antennes



2 Sécurité de l'installation relais/antennes

2.1 Risque électrique

Le zonage ATEX du silo est délimité à l'intérieur du silo. Le plan 1 et les photos montrent que l'installation relais/antennes est considéré comme hors zone ATEX.

2.2 Risque foudre

L'ARF réalisée pour le silo indique que le niveau de protection défini selon la norme NF EN 62305-2 est de 1.

Compte tenu que les antennes sont les points hauts du silo, elles sont des points préférentiels de foudroiement.

L'édicule supérieur du silo comporte 4 pointes caprices sur les angles, mises en place à la construction du silo. Ces pointes sont reliées par un conducteur de cuivre (30*2 mm). L'ensemble est relié à la terre par deux conducteurs de descente de paratonnerre. Des bornes de coupure permettent la vérification périodique de la valeur de la prise de terre.

L'opérateur a complété l'installation par deux paratonnerres à tige simple au sommet des mâts mis en place sur l'édicule.

Ces paratonnerres sont reliés aux conducteurs de descente existants. Un compteur de coups de foudre est inséré au pied de chaque descente.

La protection mise en œuvre est installée conformément à la norme NF EN 62305-3.

La protection décrite ci-dessus est complétée par des liaisons d'équipotentialité. Ces liaisons ont pour but de réduire les différences de potentiel électrique entre les différentes parties métalliques pour éliminer les étincelles.

Toutes les masses métalliques des équipements sont interconnectées. Ainsi, chaque mât d'antennes, la baie radio, les chemins de câbles sont reliés par des tresses métalliques qui garantissent une parfaite équipotentialité.

Compte tenu du niveau de protection nécessaire au silo (N=1), le dimensionnement du parafoudre de type 1 donne :

$$I_{imp} = 100 / 4 = 25 \text{ kA (formule simplifiée issue du guide UTE C 17-108).}$$

Le parafoudre de type 1 est indiqué sur le schéma électrique Il est installé dans le coffret TD (photo 1) conformément aux règles établies dans le guide UTE C 15-443.

2.3 Risque électromagnétique

Risque électromagnétique dans les zones ATEX

Aucun équipements ou partie du silo se trouve dans la zone à risque d'inflammation déterminée ci-dessus (fonction du diagramme de rayonnement et de la puissance). La vérification de l'impossibilité d'avoir des éléments métalliques dans la zone rouge (fig 2) atteste que le risque d'inflammation par rayonnement électromagnétique est maîtrisé.

Risque électromagnétique pour les équipements du silo

Le silo dispose ici de 4 élévateurs et de deux cyclones à poussières. L'accès aux 5 étages est assuré par un ascenseur.

Le poste de commande du silo se situe au rez-de-chaussée. En ce lieu sont rassemblés :

- les informations de température à l'intérieur des cellules,
- les commandes des moteurs (élévateurs, convoyeurs, dépoussiéreurs),
- les équipements de gestion (micro-ordinateur, imprimante, minitel),

Il n'y a pas d'automate ou d'équipement électronique *sensible*

Le champ électrique produit par les antennes est inférieur à 10 V/m au voisinage des équipements électriques du silo.

Le risque de perturbation des équipements de sécurité est maîtrisé.

ANNEXE B

Contenu d'une étude technique pour l'implantation d'antennes WIFI sur un silo

EXEMPLE : INSTALLATION D'ANTENNES WIFI SUR UN SILO

1 Descriptif de l'installation

- ✓ Les antennes sont implantées sur la terrasse de la tour du silo.
- ✓ Type d'installation : Réseau numérique pour point d'accès WIFI



photo 2: vue générale du silo

Tous les matériels (antennes, baies électroniques) sont à l'extérieur au silo. Les équipements sont situés hors zones explosibles (ATEX).

Caractéristiques de l'antenne :

Antenne filaire ayant un diagramme de rayonnement de 35° à -3dB

Fréquence : 2,4 GHz

Puissance maximale : 50 W

Le champ électrique à 2 m dans l'axe de rayonnement principal est de 5,5 V/m.

2 Sécurité de l'installation relais/antennes

Le risque d'inflammation d'un nuage explosif à 2,5 GHz est de 300 V/m (cf. Guide CENELEC Tr 50472/2004 – figure 1 page 7).

La mesure de champ (5,5 V/m) est très inférieure à la limite d'inflammation d'une ATEX, le système WIFI n'augmente pas les risque d'explosion du silo.

Distance de séparation vis-à-vis du risque foudre

La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas de formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente et une masse conductrice voisine liée à la terre. Elle est définie par la formule :

$$S(m) = ki \times \frac{kc}{km} \times l \quad \text{selon la norme NF EN 62305-3}$$

Dans laquelle :	<i>ki</i>	=	0,08 (niveau 4)
	<i>kc</i>	=	0,66 (2 conducteurs de descente)
	<i>km</i>	=	1 (dans l'air)
	<i>l</i>	=	distance verticale entre le point où la proximité est prise en compte et la prise de terre de la masse métallique ou la liaison équipotentielle la plus proche.

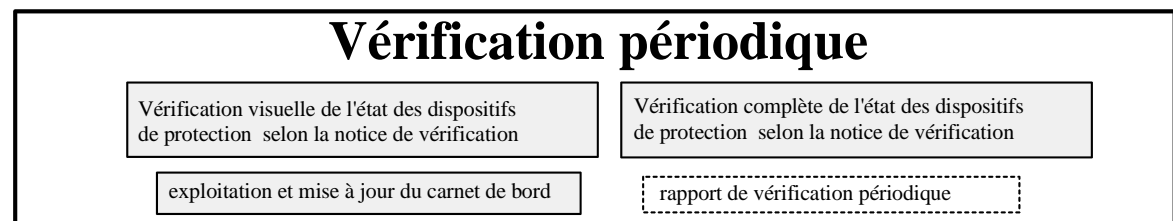
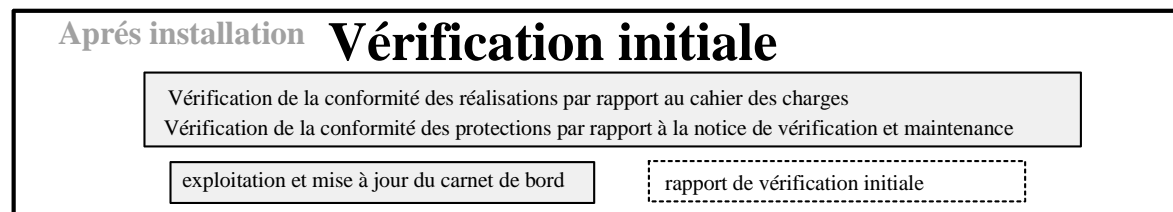
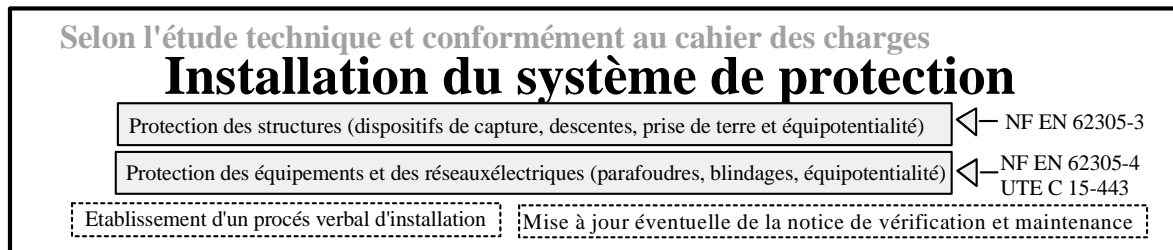
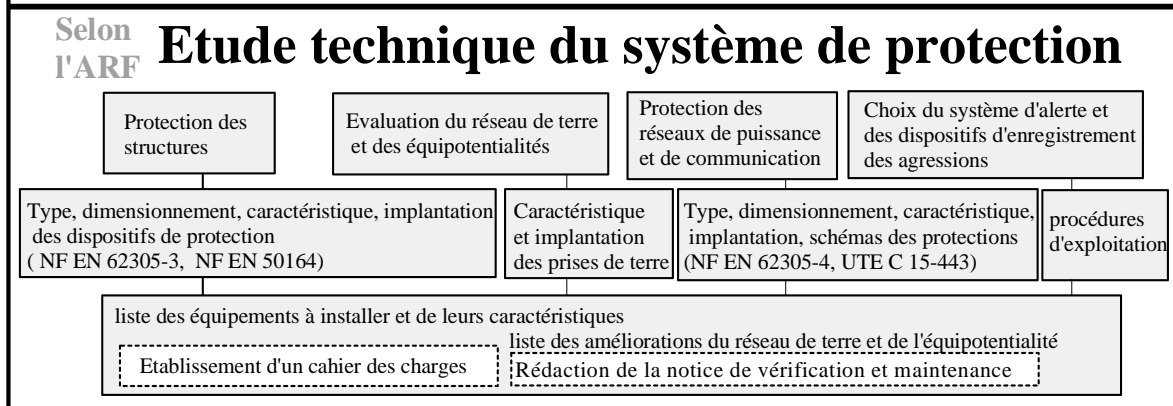
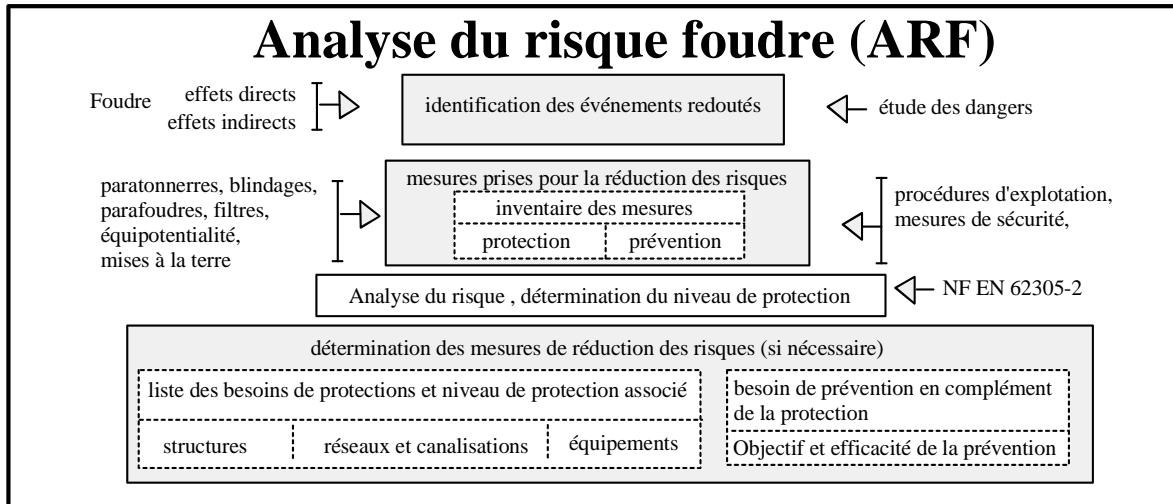
Ce qui conduit sur ce site à une distance de séparation de 1,84 m au niveau de la terrasse du silo (35 m de hauteur). Tous les éléments métalliques à moins de 1,84 m du système de protection foudre (SPF) au niveau de la terrasse doivent être reliés à celui-ci.

Le parafoudre de type 1 prévu sur le schéma électrique Il est présent dans le coffret électrique. Il est installé conformément aux règles établies dans le guide UTE C 15-443.

ANNEXE C

Démarche globale de protection contre la foudre

Protection d'un silo contre la foudre



Démarche globale de protection contre la foudre