

POUSSIÈRES COMBUSTIBLES

Table des matières

	Page
1.0 OBJET DE LA PRÉSENTE FICHE TECHNIQUE	5
1.1 Risques	5
1.2 Modifications	6
2.0 RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA PRÉVENTION DES SINISTRES	7
2.1 Introduction	7
2.1.1 Généralités	7
2.1.2 Évaluations de poussières, de mélanges de poussières ou de fibres combustibles	8
2.1.3 Poussières incombustibles	9
2.1.4 Poussières difficilement inflammables	9
2.2 Construction et emplacement	10
2.2.1 Généralités	10
2.2.2 Grands collecteurs et systèmes de collecte de poussière	11
2.2.3 Collecteurs de poussière ouverts	12
2.2.4 Installations de traitement des grains	12
2.2.5 Séchoirs à grains et fours à malt	13
2.2.6 Filtres électrostatiques	14
2.3 Activité	14
2.3.1 Tenue des locaux	14
2.4 Protection	15
2.4.1 Protection incendie générale	15
2.4.2 Protection incendie des équipements	16
2.4.3 Protection anti-explosion des équipements	20
2.5 Équipements et procédés	28
2.5.1 Généralités	28
2.5.2 Systèmes de collecte de poussière	29
2.5.3 Fabrication additive (impression 3D)	30
2.5.4 Dispositifs à clapet rotatif	31
2.6 Exploitation et maintenance	31
2.7 Formation	32
2.8 Facteur humain	33
2.9 Plan de secours des équipements	34
2.9.1 Plan équipements	34
2.9.2 Pièces de rechange	34
2.10 Maîtrise des sources d'ignition	34
2.10.1 Général	34
2.10.2 Équipements électriques antidéflagrants des zones à risque	35
2.10.3 Électricité statique	35
2.10.4 Procédés présentant une fréquence élevée d'explosions de poussière	36
2.10.5 Ventilateurs et souffleries	36
2.10.6 Matériaux soumis à un échauffement spontané	36
2.10.7 Entraînements mécaniques et équipements rotatifs	37
2.10.8 Élévateurs à godets et convoyeurs	37
3.0 BASE DES RECOMMANDATIONS	38
3.1 Principes fondamentaux d'une explosion de poussière	38
3.1.1 Combustible	39

3.1.2 Source d'ignition	39
3.1.3 Oxydant	39
3.1.4 Suspension	39
3.1.5 Confinement	39
3.1.6 Propriétés influant sur l'explosivité de la poussière	40
3.1.7 Fibres, particules volantes et particules fines	41
3.1.8 DustCalc	41
3.2 Activité	42
3.2.1 Tenue des locaux	42
3.3 Protection	42
3.3.1 Détection	42
3.3.2 Systèmes d'extinction incendie	43
3.3.3 Collecteurs à voie humide	43
3.3.4 Côtés propres et sales des collecteurs de poussière	43
3.3.5 Événements d'explosion des cyclones	43
3.3.6 Inertage (flegmatisation)	44
3.4 Équipements et procédés	44
3.4.1 Équipements de collecte de poussière	44
3.4.2 Systèmes de filtre	47
3.4.3 Manches « conductrices » des collecteurs de poussière	48
3.4.4 Cyclones	48
3.4.5 Filtres électrostatiques	49
3.4.6 Opérations de traitement et de mouture des grains	50
3.4.7 Séchoirs à grains	52
3.4.8 Convoyeurs	52
3.4.9 Gaines de raccordement	53
3.4.10 Silos	54
3.4.11 Élévateurs à godets	55
3.4.12 Équipements de réduction granulométrique (broyeurs, pulvérisateurs, broyeurs à marteaux, etc.)	55
3.4.13 Condensation à l'intérieur des équipements et isolation des événements	55
3.5 Protection	55
3.5.1 Filtres électrostatiques	55
3.5.2 Extinction d'étincelles et suppression d'explosion	56
3.5.3 Séparateurs de corps étrangers, magnétiques ou autres	56
3.6 Maîtrise des sources d'ignition	57
3.6.1 Énergie minimale d'inflammation (EMI)	57
3.7 Fabrication additive (impression 3D)	57
3.7.1 Risques potentiels	60
3.7.2 Protection des imprimantes 3D	61
3.7.3 Stockage de poudres métalliques dans des conteneurs	61
4.0 RÉFÉRENCES	61
4.1 FM	61
4.2 Autres	62
ANNEXE A GLOSSAIRE	62
ANNEXE B HISTORIQUE DE RÉVISION DU DOCUMENT	66
ANNEXE C ÉVÉNEMENTS D'EXPLOSION	68
C.1 Événements d'explosion pour les bâtiments	68
C.2 Événements d'explosion pour les équipements	70
C.2.1 Généralités	70
C.2.1.12 Installation d'événements d'explosion proscrite dans les cas suivants :	71
C.2.2 Appareils fonctionnant à des pressions supérieures à 0,1 barg	72
C.2.3 Forces de recul	72
C.3 Informations complémentaires	72
C.3.1 Robustesse des équipements	72
C.3.2 Effets de la masse de l'événement d'explosion (inertie)	72
C.3.3 Effet des gaines d'événements d'explosion	73
C.3.4 Fermeture des événements d'explosion	73
C.3.5 Obstacles fixes à proximité de la façade des événements d'explosion	73

C.3.6 Distribution des événements d'explosion	74
ANNEXE D SYSTÈMES D'ÉVÉNEMENT AVEC DISPOSITIF ARRÊTE-FLAMME AGRÉÉS FM	74
D.1 Informations complémentaires	74
ANNEXE E ISOLEMENT D'EXPLOSION	75
E.1 Généralités	75
E.2 Recommandations spécifiques aux équipements d'isolement.....	76
E.2.1 Vannes d'isolement à action rapide.....	76
E.2.2 Systèmes de dérivation de front de flamme ou d'explosion.....	77
E.2.3 Vannes guillotine à fermeture rapide	78
E.2.4 Vannes à double clapet	78
E.2.5 Amortisseurs de souffle	78
E.2.6 Réducteurs	78
E.3 Informations complémentaires.....	78
E.3.1 Généralités	78
E.3.2 Systèmes de convoyage utilisés comme systèmes d'isolement d'explosion.....	79
E.3.3 Vannes d'isolement à flotteur à action rapide.....	79
ANNEXE F SUPPRESSION D'EXPLOSION.....	80

Liste des figures

Figure 2.2.2.3-1. Grand collecteur doté de cloisons de subdivision	12
Figure 2.4.2.1.1-1. Protection sprinkleur automatique d'un collecteur à jet pulsé	17
Figure 2.4.2.7.6-1. Filtre électrostatique avec système d'extinction à eau pulvérisée pour le filtre et les gaines (une seule gaine représentée).....	20
Figure 2.4.3.5.4-1. Positionnement des événements d'explosion sur un grand séchoir par atomisation	25
Figure 2.4.3.7.5-1. Gaine avec événement d'explosion au niveau d'un coude	27
Figure 2.5.4.1-1. Clapet rotatif	31
Figure 3.1-1. Pentagone d'explosion de poussière	39
Figure 3.1.6.2-1. Taille des particules	41
Figure 3.4.1.1-1. Collecteur ouvert.....	46
Figure 3.4.1.2-1. Filtre à tambour ouvert.....	46
Figure 3.4.4-1. Principe de fonctionnement d'un cyclone.....	48
Figure 3.4.5-1. Filtre électrostatique à un niveau. (Une cloison verticale sépare les deux compartiments du dispositif. Chacun d'entre eux comporte trois zones, et les matériaux collectés sur les plaques sont recueillis dans une trémie située en dessous.).....	49
Figure 3.4.5-2. Filtre électrostatique à deux niveaux à filtration mécanique.....	50
Figure 3.4.6-1. Silo de grains classique	51
Figure 3.4.8-1. Convoyeur à chaîne.....	53
Figure 3.7-1. Procédés de lit de poudre	58
Figure 3.7-2. Procédés de dépôt de matière.....	58
Figure 3.7-3. Impression 3D et procédés liquides.....	59
Figure 3.7-4-1. Conception SLS (Chemical Engineering Progress, mai 2014).....	59
Figure 3.7-5. Systèmes 3D destinés à l'industrie : imprimantes laser Prox300 et Concept M2 (Source : brochures des fabricants).....	60
Fig. C.1.3-A. Schéma des événements d'explosion en toiture qui projettent au-delà de la ligne de toiture	69
Fig. D.1-1. Système d'événement avec arrête-flamme agréé FM (photo de Rembe GmbH).....	74
Fig. E.2.1-1. Vanne à flotteur à action rapide (VENTEX ESI ®).....	77
Fig. E.2.2-1. Système de dérivation d'explosion	77
Fig. E.2.2-2. Installation en intérieur d'un système de dérivation d'explosion	77
Fig. E.2.3-1. Vanne guillotine à fermeture rapide.....	78

Liste des tableaux

Tableau 2.4.3.4.1-1. Événement d'explosion de l'élévateur à godets	23
Tableau 2.6.2.1-1. Fréquences d'inspection des dispositifs anti-explosion.....	32
Tableau 2.10.7.2-1. Vitesse tangentielle et danger d'ignition.....	37
Tableau 3.1.6.2-1. Comparaison des tailles de particules.....	40
Tableau 3.2.1-1. Densité de poussière en vrac type	42

Tableau 3.4.2-1. Limites de température de fonctionnement des systèmes de filtre en feutre
ou en tissu couramment utilisés 47

1.0 OBJET DE LA PRÉSENTE FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique de prévention des sinistres fournit des recommandations pour réduire la fréquence et la gravité des explosions et des incendies alimentés par des poussières combustibles, un mélange de poussières ou des fibres. Le respect des recommandations de ce document n'élimine pas la nécessité d'évaluer les procédés/installations dont les normes/codes vont au-delà de la protection des biens. Les cas dans lesquels les dommages matériels attendus à la suite d'un incendie ou d'une explosion de poussière dans un bâtiment ne justifient pas la mise en place de mesures correctives conformément aux indications des fiches techniques de prévention des sinistres représentent toutefois un sinistre thermique majeur dans ce bâtiment.

Cette fiche technique inclut des recommandations relatives aux points suivants :

- Réduction des risques généraux liés aux poussières combustibles, y compris les poussières métalliques, de bois, de plastique et agricoles, les mélanges de poussières et les fibres.
- Protection incendie et anti-explosion des éléments suivants :
 - les équipements de collecte de poussière, notamment les collecteurs de poussière, les cyclones et les filtres électrostatiques ;
 - les équipements de manipulation, de stockage et de traitement de la poussière, notamment les silos, les bennes et les élévateurs à godets.
- Protection anti-explosion des zones dans lesquelles des poussières, des mélanges de poussières ou des fibres combustibles créent un risque d'explosion au niveau des équipements, des locaux ou des bâtiments.

Se référer à la fiche technique spécifique à l'activité concernée pour connaître les recommandations de prévention des sinistres liées aux sujets suivants, **non** traitées dans la présente fiche technique :

- Pour la protection incendie des séchoirs par atomisation, des sècheurs flash, des séchoirs circulaires, des fours rotatifs et des séchoirs, consulter les fiches techniques 6-9, *Industrial Ovens and Dryers*, et 7-111A, *Fuel-Grade Ethanol*, de FM.
- Pour des recommandations spécifiques relatives au travail du bois et aux activités liées au travail du bois, voir la fiche technique 7-10, *Wood Processing and Woodworking Facilities*.
- Pour la revue, la conception, l'essai et la maintenance des systèmes de protection et d'isolement d'explosion, consulter la fiche technique 7-17, *Explosion Protection Systems*. Ces recommandations devraient être étudiées conjointement avec celles formulées dans la présente fiche technique.
- Concernant la protection incendie des procédés des sites de production de noir de carbone qui n'impliquent aucune poussière combustible, voir la fiche technique 7-111B, *Carbon Black*.
- Pour le stockage des copeaux de bois, consulter la fiche technique 8-27, *Storage of Wood Chips*.

Les méthodes de calcul liées à l'évaluation des risques d'explosion de poussière sont principalement abordées en unités métriques (SI), qui sont les unités utilisées dans cette fiche technique.

Cette dernière fait référence au logiciel DustCalc, qui a été développé afin de permettre aux ingénieurs de FM de calculer et de vérifier le dimensionnement des événements d'explosion des bâtiments et des équipements présentant un risque d'explosion de poussière combustible. D'autres méthodes de dimensionnement des événements sont disponibles, mais elles ne sont pas utilisées par FM.

1.1 Risques

Presque toutes les matières organiques, comme le bois, le papier, le caoutchouc, le plastique, les fibres, les produits alimentaires et le tabac, mais aussi d'autres matériaux tels que des particules métalliques dont la dimension maximale n'excède pas 500 µm, peuvent générer des poussières combustibles, qui présentent un risque d'explosion et d'incendie.

Ces matières peuvent s'enflammer en présence d'air (oxygène). Or, l'inflammation d'une couche de poussière de faible densité qui se serait formée sur des surfaces d'une vaste zone pourrait provoquer un incendie susceptible de se propager plus rapidement que la vitesse de déclenchement des sprinklers automatiques. Cette situation pourrait causer un sinistre de grande ampleur entraînant des dommages

considérables. Des poussières denses éviteraient une propagation rapide de l'incendie, mais engendreraient un feu couvant. À la moindre perturbation de cette couche de poussière, ce feu pourrait se transformer en une flamme nue susceptible de gainer la poussière environnante.

En cas d'inflammation des poussières combustibles en suspension dans l'air, le front de flamme qui en résulterait se propagerait rapidement aux particules de poussière (déflagration). Dans un espace clos, cet incident générerait une importante hausse de température, suivie d'une rapide montée en pression. Si cette dernière n'était pas correctement maîtrisée, l'espace clos serait brutalement détruit, ce qui provoquerait une explosion.

Dans un bâtiment/local, une explosion de poussière est souvent due à l'inflammation d'une petite quantité de poussière en suspension. Dans un premier temps, la montée en pression engendrée peut ne pas endommager la structure du bâtiment/local, mais peut ensuite provoquer la mise en suspension et l'inflammation de poussières supplémentaires. Ce processus peut alors se propager à toutes les zones contenant de la poussière. Si une zone spécifique contient assez de poussière, la pression développée endommagera la structure. Toutefois, s'il n'y a pas assez de poussière pour créer une pression susceptible d'endommager le local/bâtiment, elle pourrait générer une boule de feu se propageant en toiture et produisant un rayonnement thermique important dans le bâtiment/local.

Les explosions de poussière à l'intérieur d'un équipement peuvent également impliquer une très faible proportion du volume total de poussière qu'il contient. Toutefois, en raison du faible volume de cet espace clos, la pression produite entraîne souvent une défaillance de l'équipement et l'émission de poussière non brûlée dans la zone environnante. Le front de flamme peut alors enflammer cette poussière en suspension et entraîner la formation d'une boule de feu secondaire à l'extérieur de l'équipement. En cas de confinement à l'intérieur d'un bâtiment, ce phénomène peut provoquer une surpression dévastatrice. En outre, des composants de l'équipement défaillant pourraient également être éjectés dans le bâtiment. Par ailleurs, les équipements intérieurs disposant d'évents canalisés vers l'intérieur du bâtiment peuvent produire des jets de flamme importants.

La gravité d'une explosion de poussière dépend de plusieurs facteurs, notamment de la composition de la poussière, de sa teneur en eau, de la taille des particules, de l'énergie d'inflammation, de l'explosivité, ainsi que de la quantité et de la localisation de la poussière combustible impliquée. La taille des particules combustibles trop grosses pour être en suspension dans l'air ou propager rapidement un front de flamme peut être réduite dans les équipements de traitement de la poussière, ce qui augmente le risque d'explosion de poussière. Il est important d'examiner toutes les zones utilisées pour un procédé afin d'identifier celles pouvant abriter des poussières combustibles.

La conception et la maintenance des procédés générant de la poussière et situés à l'intérieur de locaux/bâtiments sont primordiales afin d'éviter une émission de poussière susceptible de créer un risque d'incendie et/ou d'explosion dans ces installations. Les procédés dont la conception ne permet pas d'empêcher l'émission de poussière dans les locaux/bâtiments devraient être isolés des autres opérations importantes, et la mise en place d'une construction anti-explosion devrait être prévue afin de maîtriser une explosion potentielle.

Dans les zones contenant de la poussière combustible, les programmes de tenue des locaux ne constituent pas une solution alternative acceptable au confinement de la poussière combustible à l'intérieur du procédé ou à l'isolation des procédés pour lesquels il est impossible d'éviter l'émission de poussière. Toutefois, la tenue des locaux peut servir de mesure complémentaire en matière de protection contre les incendies et les explosions afin de maîtriser le niveau d'accumulation de poussière sur un site.

1.2 Modifications

Octobre 2024. Ce document a fait l'objet d'une révision complète et regroupe plusieurs documents existants. Les principales modifications sont les suivantes :

- A. Titre remplacé par *Poussières combustibles* (ancien titre : *Prévention et réduction des risques d'incendie et d'explosion de poussières combustibles*).
- B. Ajout de recommandations tirées de la fiche technique 7-73 de FM, *Dust Collectors and Collection Systems*, devenue obsolète.
- C. Ajout de recommandations tirées de la fiche technique 7-75 de FM, *Grain Storage and Milling*, devenue obsolète.

- D. Ajout de nouvelles recommandations relatives à l'évaluation des propriétés des poussières combustibles, qui permettent d'améliorer l'évaluation des risques et l'élaboration de stratégies de réduction des risques.
- E. Mise à jour des recommandations relatives à la détermination des risques d'explosion liés aux locaux, aux bâtiments et aux équipements.
- F. Ajout de nouvelles recommandations relatives aux essais des poussières et mélanges de poussières incombustibles.
- G. Mise à jour des recommandations relatives à l'évaluation et au traitement de l'accumulation de poussière en suspension à l'intérieur des bâtiments et des locaux.
- H. Mise à jour des recommandations relatives aux collecteurs de poussière ouverts à des fins d'harmonisation avec les recommandations actuelles du pôle de recherche de FM au sujet des risques d'explosion liés à ces appareils.
- I. Ajout de nouvelles recommandations relatives aux risques liés aux filtres à tambour horizontaux (sous-ensemble des collecteurs de poussière ouverts).
- J. Révision des recommandations en matière de protection incendie des séchoirs par atomisation afin de se référer à la fiche technique 6-9 de FM, *Industrial Ovens and Dryers*.
- K. Déplacement des recommandations relatives à l'isolement des équipements à l'annexe E.

2.0 RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA PRÉVENTION DES SINISTRES

2.1 Introduction

Utiliser des équipements, matériaux et services agréés FM lorsque cela est pertinent. Pour obtenir la liste des produits et services agréés FM, voir le *Guide des produits agréés FM*, une ressource en ligne de FM Approvals.

2.1.1 Généralités

2.1.1.1 Suivre les recommandations de la présente fiche technique pour tous les équipements, locaux et bâtiments servant à traiter, à manipuler, à stocker et à transporter des poussières, des mélanges de poussières ou des fibres combustibles, ou pour toutes les zones susceptibles d'abriter ces matériaux.

2.1.1.2 Pour des recommandations relatives à la protection contre les incendies alimentés par des métaux combustibles et aux métaux (réactifs à l'eau) générant de l'hydrogène, se reporter à la fiche technique 7-85 de FM, *Combustible and Reactive Metals*.

2.1.1.3 Évaluer le risque d'explosion d'un local/bâtiment ou d'un équipement en tenant compte des points suivants :

- A. Un risque d'explosion d'un local/bâtiment existe lorsque l'une des conditions suivantes est remplie :
 - 1. Présence de poussières, d'un mélange de poussières ou de fibres combustibles à l'extérieur d'un équipement avec des gaines installées dans un local/bâtiment, malgré la conception du procédé et l'entretien des équipements.
 - 2. Local/bâtiment contenant des équipements de traitement/de manipulation de poussières, de mélanges de poussières ou de fibres combustibles, présentant un risque d'explosion défini et lié à ces équipements et qui n'est pas protégé conformément à cette fiche technique.
- B. Un risque d'explosion lié aux équipements existe lorsque l'une des conditions suivantes est remplie :
 - 1. Des poussières, un mélange de poussières ou des fibres combustibles sont manipulés/traités dans un équipement.
 - 2. Le fonctionnement d'un équipement génère des poussières ou des mélanges de poussières combustibles (équipements de réduction granulométrique tels que les broyeurs à marteaux, par exemple).

2.1.2 Évaluations de poussières, de mélanges de poussières ou de fibres combustibles

Les activités au cours desquelles des poussières ou des fibres sont générées ou traitées nécessitent une parfaite compréhension des propriétés des matériaux afin de définir correctement les risques potentiels. La capacité d'un matériau à brûler est la principale propriété à connaître. Les opérations au cours desquelles des poussières, des mélanges de poussières ou des fibres combustibles sont générés ou traités présentent un risque d'explosion ou d'incendie alimenté par ce type de matériau. Les stratégies de réduction des risques nécessitent une compréhension approfondie des propriétés physiques des matériaux afin de garantir un dimensionnement adéquat des différents systèmes de protection.

2.1.2.1 Évaluer l'ensemble des poussières, des mélanges de poussières ou des fibres comme suit :

2.1.2.1.1 Déterminer si la poussière, le mélange de poussières ou la fibre est combustible.

2.1.2.1.1.1 Dans les zones contenant des poussières au caractère entièrement incombustible avéré, il n'est pas nécessaire de soumettre ces matériaux à des essais préliminaires. La confirmation peut inclure, sans toutefois s'y limiter, des fiches de sécurité, les résultats des essais précédents, etc.

2.1.2.1.1.2 Dans les zones contenant des mélanges de poussières qui comportent des composants combustibles et incombustibles identifiés, soumettre ces mélanges à des essais d'explosivité préliminaires.

2.1.2.1.1.3 Évaluer les poussières, mélanges de poussières ou fibres incombustibles conformément à la section 2.1.3.

2.1.2.1.2 Déterminer si la taille des particules de la poussière/du mélange de poussières est suffisamment petite pour permettre la mise en suspension du matériau et la propagation d'un front de flamme via le nuage en suspension. FM cible des tailles de particules inférieures ou égales à 500 microns. Aucune valeur cible n'est définie pour la taille des fibres, qui sont supérieures à 500 microns sur une dimension au minimum. Elles posent problème lorsqu'elles présentent un petit diamètre par rapport à leur longueur, ce qui favorise leur mise en suspension.

2.1.2.1.3 Déterminer si la concentration d'une vapeur/d'un gaz inflammable dépasse 5 % de sa limite inférieure d'explosivité (LIE) à l'intérieur de l'équipement de traitement de la poussière en raison du risque de création d'un mélange hybride.

2.1.2.1.3.1 Lorsque la concentration du gaz/de la vapeur dépasse 5 % de la LIE, tester la réactivité du mélange hybride.

2.1.2.1.4 Déterminer si la poussière ou le mélange de poussières est difficilement inflammable conformément à la section 2.1.4.

2.1.2.2 Avant de concevoir les systèmes de protection anti-explosion, tester les poussières, mélanges de poussières ou fibres combustibles afin de déterminer leurs propriétés à l'aide de normes et de méthodes d'essai reconnues (ISO, ASTM, normes européennes, etc.).

2.1.2.2.1 Déterminer les propriétés suivantes lors des essais portant sur les poussières, mélanges de poussières ou fibres combustibles :

A. composition des poussières ou mélanges de poussières purs ;

B. indice de déflagration (K_{st}) ;

C. pression maximale (P_{max}) ;

D. taille moyenne d'une/des particules ;

E. teneur en eau ;

F. matériaux soumis à un échauffement spontané.

2.1.2.2.2 Dans certains cas, des poussières métalliques combustibles peuvent nécessiter des essais d'explosion à plus grande échelle (utilisation d'une sphère de 1 m³ au lieu d'un modèle de 20 L, par exemple) afin de mieux cerner leurs propriétés physiques en raison des températures élevées (supérieures à 3 300 °C, par exemple) des flammes qu'elles produisent.

2.1.2.2.3 Tester à nouveau les poussières, mélanges de poussières ou fibres combustibles en cas de changement de la composition, du procédé, du traitement ou du stockage.

2.1.3 Poussières incombustibles

Les poussières ou mélanges de poussières incombustibles ne présentent pas de risque d'incendie et/ou d'explosion lorsqu'ils sont exposés à une source d'ignition, car ils ne génèrent aucune combustion. Par conséquent, ces matériaux incombustibles ne nécessitent aucune protection particulière contre les incendies et les explosions. Toutefois, l'ajout de composants combustibles peut produire un mélange combustible ou explosif global susceptible de créer un risque d'incendie et/ou d'explosion dans des zones jusqu'ici non exposées à ce type de risque. La détection des changements (par le biais d'essais d'explosivité des poussières) permettra d'identifier les risques potentiels et de mettre en œuvre rapidement les mesures nécessaires de protection contre les incendies et les explosions.

2.1.3.1 Tester à nouveau tous les cinq ans les poussières ou mélanges de poussières qui comportent des composants combustibles et incombustibles et ont été précédemment considérés comme incombustibles.

2.1.3.1.1 Dans les cas où le procédé contient une poussière ou un mélange de poussières spécifique (lié à un produit particulier) et où le site a mis en place une procédure claire de gestion des changements, il n'est pas nécessaire de tester à nouveau ce matériau, sauf indication contraire à la section 2.1.3.2.

2.1.3.2 Tester à nouveau la poussière ou le mélange de poussières en cas de modification de sa formule ou de sa composition afin de déterminer son explosivité dans le cadre de la procédure de gestion des changements.

2.1.3.3 Si une modification de la formule ou composition d'une poussière ou d'un mélange de poussières incombustible rend le matériau combustible ou explosif, prendre les mesures nécessaires de protection contre les incendies et les explosions relatives aux poussières combustibles, conformément aux recommandations de cette fiche technique.

2.1.4 Poussières difficilement inflammables

La classification des poussières difficilement inflammables établie par FM correspond à une désignation interne, qui n'est pas liée à d'autres codes et standards ayant adopté une définition similaire. Une poussière difficilement inflammable est une poussière combustible capable de créer un front de flamme susceptible de se propager, si elle est mise en suspension dans l'air et exposée à une forte source d'ignition égale ou supérieure à celle de quatre amorces chimiques de 100 J (valeur nominale). Les procédés qui ne sont pas correctement protégés contre un risque d'explosion lié aux équipements sont acceptables dans le cadre d'une stratégie axée sur la prévention des risques s'ils ne traitent que des poussières difficilement inflammables **ET** s'ils ne comportent aucune source d'ignition potentielle. Toutefois, ils devront faire l'objet d'une évaluation complète conformément aux normes locales afin d'évaluer le degré d'exposition aux risques au-delà de la prévention des sinistres.

2.1.4.1 Si une poussière s'avère difficilement inflammable, elle ne nécessite pas la mise en œuvre des recommandations relatives à la protection anti-explosion présentées dans ce document si **TOUTES** les conditions suivantes sont remplies :

- A. Aucune forte source d'ignition ne peut être présente dans des conditions normales ou anormales.
- B. Aucun mélange entre une vapeur ou un gaz inflammable et la poussière n'est possible, même si la concentration de la vapeur/du gaz est inférieure à sa LIE.
- C. La conception et le fonctionnement du procédé impliquant des poussières/mélanges de poussières suivent les recommandations de ce document pour les systèmes de commande des procédés, les dispositifs de mise à la terre et d'équipotentialité, les contrôles des sources d'ignition, la protection incendie (là où elle s'avère nécessaire), les matériaux incombustibles et les programmes de tenue des locaux.

2.1.4.2 Tester à nouveau les poussières ou mélanges de poussières difficilement inflammables tous les cinq ans afin de s'assurer que leurs propriétés n'ont pas changé.

2.1.4.2.1 Dans les cas où le procédé contient une poussière ou un mélange de poussières spécifique (lié à un produit particulier) et où le site a mis en place une procédure claire de gestion des changements, il n'est pas nécessaire de tester à nouveau ce matériau, sauf indication contraire à la section 2.1.4.3.

2.1.4.3 Tester à nouveau la poussière ou le mélange de poussières en cas de modification de sa formule ou de sa composition afin de déterminer son explosivité dans le cadre de la procédure de gestion des changements.

2.1.4.4 Si une modification de la formule ou composition d'une poussière ou d'un mélange de poussières difficilement inflammable rend le matériau combustible ou explosif, prendre les mesures nécessaires de protection contre les incendies et les explosions relatives aux poussières combustibles, conformément aux recommandations de cette fiche technique.

2.2 Construction et emplacement

2.2.1 Généralités

2.2.1.1 Construire les bâtiments, canalisations, gaines et équipements en utilisant des matériaux incombustibles ou des matériaux agréés FM de classe 1. Ces équipements incluent, sans s'y limiter, les éléments suivants :

- collecteurs de poussière ;
- cyclones ;
- matériaux de revêtement et d'emballage utilisés dans les collecteurs de poussière à voie humide ;
- élévateurs à godets ;
- réservoirs de stockage contenant de la poussière combustible (silos et bennes, par exemple) ;
- séchoirs à grains et à malt.

2.2.1.1.1 Si des gaines en plastique ou présentant un revêtement en plastique doivent être utilisées, vérifier qu'elles sont agréées FM. Si aucun matériau agréé FM n'est disponible, protéger les gaines conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 7-78 de FM, *Industrial Exhaust Systems*.

2.2.1.1.2 Lorsque des revêtements sont ajoutés à l'intérieur d'un élévateur à godets pour résoudre les problèmes d'érosion localisés, utiliser des matériaux incombustibles. S'ils doivent être non conducteurs ou antistatiques, ces propriétés devraient également être incluses lors du choix des revêtements incombustibles.

2.2.1.2 Proscrire l'installation en sous-sol des procédés/opérations impliquant des poussières combustibles dans des zones où il est impossible d'installer des événements d'explosion adéquats.

2.2.1.3 Placer les équipements de contrôle du niveau d'empoussiérage et les élévateurs à godets à l'extérieur des bâtiments. Ces équipements incluent les collecteurs de poussière, les cyclones, les filtres électrostatiques, etc.

2.2.1.4 Lorsqu'un bâtiment abrite un système de contrôle du niveau d'empoussiérage ou de traitement de la poussière protégé par un événement d'explosion, placer cet équipement le long d'un mur extérieur de sorte que l'événement d'explosion puisse être dirigé vers l'extérieur du bâtiment. Lorsque des gaines d'événements sont utilisées pour diriger les événements d'explosion vers l'extérieur :

- A. Les gaines devraient être les plus droites et courtes possible.
- B. La section transversale de la gaine devrait correspondre à celle de l'événement d'explosion.
- C. Si un second événement est installé à l'endroit où la gaine sort du bâtiment, il devrait être pris en compte dans les calculs des événements d'explosion afin de s'assurer de leur bon dimensionnement.

2.2.1.5 Dimensionner les procédés libérant de la poussière de manière à empêcher l'émission de poussière dans les bâtiments en utilisant des équipements étanches et des systèmes de collecte aux points d'émission de poussière.

2.2.1.6 Dans les cas où il est impossible de maîtriser l'émission de poussière, isoler les procédés libérant de la poussière des autres zones du site en mettant en place une distance de séparation et une construction anti-explosion afin d'empêcher la propagation d'un incendie ou d'une déflagration de poussière aux autres zones du site.

2.2.1.7 Dans les locaux/bâtiments susceptibles d'abriter une certaine quantité de poussière en suspension malgré la conception du procédé, l'entretien des équipements et l'utilisation de systèmes de collecte de

poussière, réduire le risque d'accumulation de poussière et la quantité de poussière accumulée dans les zones difficiles d'accès en prenant l'une ou la totalité des mesures suivantes, selon le cas :

- A. Les murs intérieurs devraient être lisses, avec un minimum de rebords. Utiliser des matériaux incombustibles pour la construction des surfaces lisses, des rebords, etc., le cas échéant.
- B. Afin d'éviter l'accumulation de poussière sur les éléments de charpente des bâtiments et le sommet des équipements, ces derniers devraient si possible être recouverts d'un revêtement lisse empêchant la poussière de se déposer.
- C. Un revêtement lisse incliné à au moins 60° sur les éléments horizontaux est généralement suffisant.
- D. Entourer la boîte en acier de construction dotée de rebords horizontaux (poutres en L ou canaux en U en position verticale ou latérale) avec un matériau incombustible pour éliminer les poches d'accumulation de poussière.
- E. Le cas échéant, obturer les portes, fenêtres et autres passages dans les murs (câbles, gaines, etc.) afin d'éviter que la poussière ne gagne les zones voisines. Par ailleurs, une pressurisation positive du local peut permettre d'éviter tout déplacement de poussière dans les zones adjacentes. Ces deux solutions peuvent également être utilisées conjointement.
- F. Si nécessaire, prévoir un dégagement autour et sous les équipements afin de permettre le balayage ou le nettoyage par aspiration.

2.2.1.8 Utiliser le logiciel DustCalc, l'annexe D de ce document et la fiche technique 1-44 de FM, *Damage-Limiting Construction*, pour concevoir et installer une construction anti-explosion dans les locaux/bâtiments présentant des risques d'explosion.

2.2.2 Grands collecteurs et systèmes de collecte de poussière

Les grands collecteurs et systèmes de collecte de poussière sont définis comme des dispositifs permettant de recueillir des matériaux issus de plusieurs zones de production ou procédés importants d'un site. Ils comportent de nombreux filtres/manches (plusieurs centaines, voire des milliers) permettant de collecter les poussières générées. Un incendie ou une explosion dans un collecteur ou système de collecte de poussière de grande taille pourrait interrompre simultanément plusieurs procédés. Le remplacement des systèmes de collecte s'avère coûteux en raison de leur taille et/ou de leur complexité.

2.2.2.1 Utiliser un collecteur/système de collecte de poussière distinct pour chaque zone de production afin de limiter l'impact d'une explosion et/ou d'un incendie de poussière sur les procédés.

2.2.2.2 Si une capacité de collecte importante est nécessaire, privilégier l'utilisation de plusieurs petits collecteurs à celle d'un collecteur ou système de collecte de poussière de grande capacité.

2.2.2.3 Lorsque des grands collecteurs ou systèmes de collecte de poussière intègrent des systèmes de filtres combustibles, quelle que soit la combustibilité du matériau traité, prévoir une protection présentant les caractéristiques suivantes :

- A. Installer une protection sprinkleur dans ces grands collecteurs/systèmes de collecte de poussière, conformément aux recommandations de cette fiche technique.
- B. Utiliser des tôles de 1,3 mm d'épaisseur pour cloisonner les grands collecteurs ou systèmes de collecte de poussière en zones plus réduites. La taille des cloisons dépendra de plusieurs facteurs, y compris, sans s'y limiter, la taille du grand système/collecteur, la charge combustible représentée par le système de filtre et la configuration des sprinkleurs assurant leur protection.
- C. Étendre la cloison du bas de la trémie jusqu'à la section des manches du collecteur, y compris le plénum d'évacuation (air filtré).
- D. S'assurer que les cloisons présentent une résistance à l'abrasion adéquate en installant un panneau sandwich constitué de tôles de 1,3 mm enserrant deux plaques de plâtre de type X de 13 mm (figure 2.2.2.3-1).

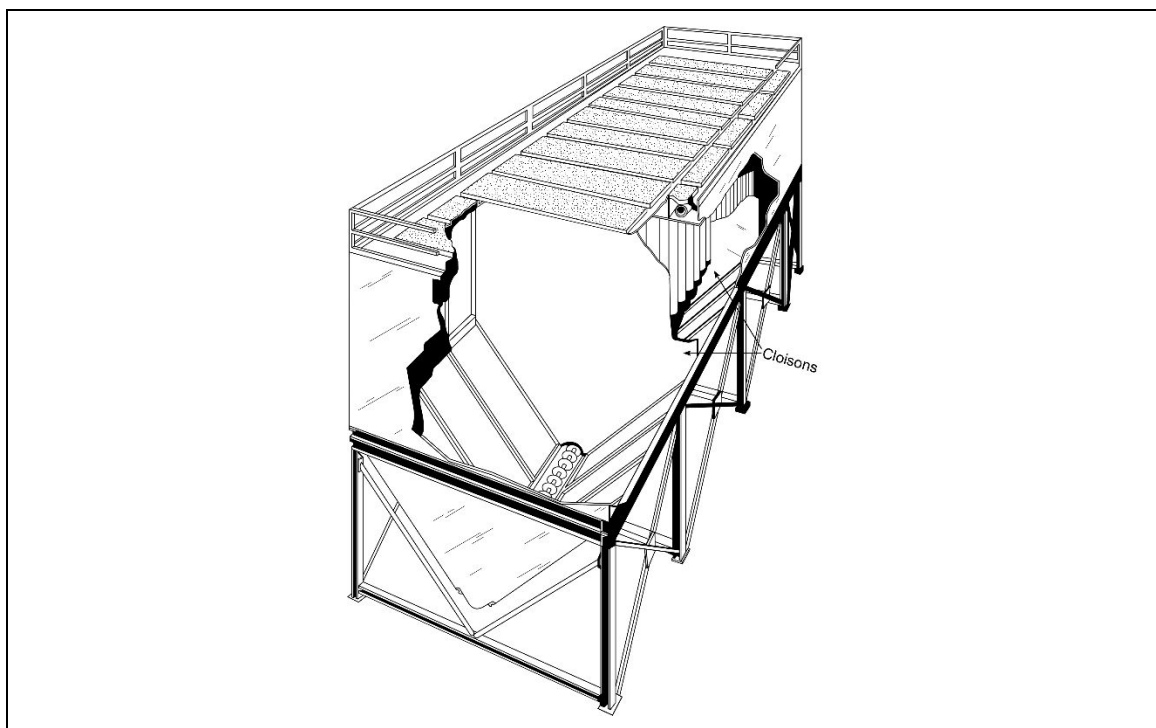


Figure 2.2.2.3-1. Grand collecteur doté de cloisons de subdivision

2.2.2.4 Installer un pare-étincelle ou une chambre de repos dans la gaine sujette à la génération d'étincelles, située entre le procédé et le collecteur. Un cyclone, un épurateur ou un dispositif similaire susceptible de détourner ou d'éteindre les plus grosses étincelles ou braises issues de la vapeur gazeuse est acceptable.

2.2.2.5 Pour les collecteurs ou systèmes de collecte de poussières incombustibles, remplacer les manches/bacs de récupération combustibles actuels par un système de filtre à faible combustibilité.

2.2.3 Collecteurs de poussière ouverts

2.2.3.1 Utiliser des collecteurs de poussière disposant d'un carter autour du média filtrant. Les collecteurs dépourvus de carter autour du média filtrant (collecteurs de poussière ouverts, par exemple) sont à proscrire.

2.2.3.1.1 Placer les filtres (à tambour) à air horizontaux de manière à permettre le raclage et l'aspiration permanents des particules solides accumulées, comme suit :

- A. Isoler les filtres à air et les équipements correspondants des autres opérations importantes dans une zone coupe-feu en installant des cloisons incombustibles.
- B. Asservir le procédé correspondant pour empêcher son fonctionnement si le filtre à air horizontal n'est pas entièrement fonctionnel. Les conditions de déclenchement du dispositif d'asservissement peuvent inclure, sans toutefois s'y limiter, l'arrêt de la circulation d'air, le non-fonctionnement du racloir/système d'aspiration ou une rupture du système de filtre en tissu.

2.2.4 Installations de traitement des grains

Parfois, les installations de traitement des grains sont collectivement appelées « élévateurs à grains ». Dans les zones abritant ces installations, leur conception et leur construction devraient être conformes aux recommandations présentées dans ce document.

2.2.4.1 Séparer les zones d'atelier servant au nettoyage et au pesage des grains des silos de stockage, des réservoirs, des opérations de broyage et de chargement/déchargement, et des autres zones de production afin de réduire le risque de propagation d'une explosion entre ces zones.

2.2.4.2 Assurer une circulation aérienne des convoyeurs reliant l'atelier aux installations de chargement ou de déchargement et aux silos de stockage/réservoirs immédiatement après leur passage dans les structures enterrées. Proscrire l'utilisation de tunnels ou de convoyeurs placés dans des galeries.

2.2.4.3 Placer les convoyeurs élévateurs en dehors de l'atelier, de préférence dans une structure séparée. Les convoyeurs inclinés sont préférables aux élévateurs à godets pour transfert vertical.

2.2.4.4 Concevoir et construire toutes les installations en acier ou avec une charpente en béton armé.

2.2.4.5 Prévoir une construction anti-explosion pour toutes les zones fermées comprenant, sans s'y limiter, les ateliers, les installations de chargement ou de déchargement, les galeries des convoyeurs et les zones de production. Concevoir cette construction à l'aide du logiciel DustCalc et des indications de la fiche technique de prévention des sinistres 1-44 de FM, *Damage-Limiting Construction*.

2.2.4.6 Installer un évent d'explosion sur toute la longueur des enceintes allongées, comme les galeries des convoyeurs.

2.2.4.7 Appliquer des revêtements lisses et lustrés sur les surfaces intérieures des murs et du plafond de l'atelier et dans les bennes au-dessus du niveau maximal de grain afin de faciliter le nettoyage et de limiter les surfaces horizontales sujettes à l'accumulation de poussière.

2.2.4.8 Construire les silos de stockage comme suit :

A. Utiliser du béton ou d'autres matériaux incombustibles.

B. Prévoir une construction anti-explosion conçue conformément à la fiche technique 1-44 et vérifiée à l'aide du logiciel DustCalc. Aménager cette construction de sorte que les événements d'explosion débouchent à l'extérieur et non dans les silos, les bennes ou les convoyeurs situés à proximité.

C. Construire les fondations de façon que le convoyeur de récupération sous les bennes se trouve au-dessus du niveau du sol pour pouvoir utiliser une construction anti-explosion.

Ces recommandations s'appliquent aux éléments suivants :

1. convoyeurs à bande ouverts souterrains ;
2. convoyeurs à bande fermés.

Dans les deux cas, l'installation de ces types de convoyeurs prévoit une enceinte exposée à un risque d'explosion. D'autres types de convoyeurs peuvent présenter des caractéristiques similaires et être exposés à un risque d'explosion de poussière.

A. Installer des événements de respiration pour favoriser l'évacuation de l'air chargé de poussières à l'extérieur. Ne pas ventiler une cuve vers une autre cuve ou l'enceinte d'un convoyeur.

B. Éviter de réaliser des systèmes de collecte de poussière connectant de multiples groupes de silos ou de réservoirs.

2.2.5 Séchoirs à grains et fours à malt

2.2.5.1 Utiliser des matériaux incombustibles pour la construction des séchoirs à grains, notamment celle des locaux des fours.

2.2.5.2 Prévoir une construction anti-explosion pour les séchoirs conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 6-9 de FM, *Industrial Ovens and Dryers*. Ce type de construction n'est pas nécessaire pour les fours à malt.

2.2.5.3 Séparer les séchoirs à grains, notamment les locaux des fours, des silos et des bennes.

2.2.5.4 Disposer les serpentins à vapeur, les ailettes et les surfaces chauffées de manière à éviter les dépôts de poussière.

2.2.5.5 Placer les prises d'air dans des zones exemptes de poussière et installer des tamis grossiers pour éviter l'accumulation de débris.

2.2.5.6 Installer les équipements de nettoyage en lignes et en amont des séchoirs afin de retirer les débris susceptibles de les boucher.

2.2.6 Filtres électrostatiques

Les filtres électrostatiques utilisent une charge électrostatique pour collecter les poussières et les brouillards d'hydrocarbures des vapeurs gazeuses. Ils peuvent être utilisés pour réaliser un traitement de l'air en conformité avec la réglementation en matière de pollution atmosphérique, ou filtrer un produit ou un sous-produit.

2.2.6.1 Placer les filtres électrostatiques assurant le traitement des brouillards d'huile ou d'autres hydrocarbures sur une plateforme facile à nettoyer afin d'empêcher toute accumulation de résidus combustibles.

2.2.6.2 Prolonger cette plateforme lavable jusqu'à la zone située sous le filtre électrostatique et la jonction entre la gaine et le filtre électrostatique.

2.3 Activité

2.3.1 Tenue des locaux

2.3.1.1 Lorsque de la poussière en suspension est détectée dans un bâtiment, mettre en œuvre les recommandations suivantes :

- A. Inspecter les équipements et/ou les gaines dans lesquels des poussières combustibles sont générées, traitées, manipulées, collectées ou transportées afin d'identifier les sources d'émission de poussière.
- B. Modifier, réparer ou remplacer les équipements et/ou les gaines afin de supprimer ou au moins de réduire l'émission de poussière.
- C. Installer des points de collecte de poussière permanents aux emplacements d'émission de poussière pour un système de collecte de poussière, une hotte ventilée ou une enceinte de confinement, le cas échéant.
- D. Utiliser des systèmes de traitement des poussières fermés avec une légère pression négative afin de réduire l'émission de poussière.

2.3.1.2 Dans les zones où de la poussière en suspension est émise malgré la conception du procédé et l'entretien des équipements, mettre en œuvre les recommandations suivantes :

- A. Établir et mettre en œuvre un programme strict de gestion de la poussière qui identifie clairement les zones d'émission et d'accumulation de poussière, et détermine son taux d'accumulation. Procéder régulièrement à des audits de ce programme.
- B. Retirer les dépôts de poussière dans les zones concernées. Ils devraient être retirés en priorité dans les zones situées en sous-sol ou cachées. Elles incluent, sans s'y limiter, les tunnels de réception situés à proximité des stations de déchargement des wagons et des camions, des ouvertures pour le remplissage des silos et des bennes et des ouvertures adjacentes aux élévateurs à godets, ainsi que dans les locaux électriques et les zones situées au-dessus du niveau du sol, notamment celles situées au-dessus des faux plafonds, les parties supérieures des équipements et les éléments de structure des bâtiments.
- C. Utiliser, dans la mesure du possible, un système d'aspiration centralisé, mobile ou monté sur chariot, selon le cas. Les systèmes centralisés de collecte de poussière par aspiration sont recommandés pour les sites dont les procédés génèrent de la poussière afin de faciliter leur nettoyage et de limiter les nuages de poussière. Dans les installations de traitement des grains, les systèmes d'aspiration centralisés peuvent être pilotés à partir du système de contrôle du niveau d'empoussiérage de l'élévateur. S'ils sont utilisés, ces systèmes doivent être antidéflagrants en raison des risques d'explosion de poussière de la zone concernée.
- D. Lorsque l'aspiration n'est pas pratique, le balayage ou le lavage à l'eau sont d'autres options acceptables. Des balais à soies souples sont recommandés pour le balayage. Les ouvertures des collecteurs pneumatiques situées près du sol peuvent également être utilisées pour ramasser les résidus.

2.3.1.3. Lorsque SEULE la méthode par soufflage est applicable, prendre les précautions suivantes :

- A. Arrêter les équipements électriques non adaptés aux zones à risques de classe II, division 2 (ou équivalent) et toutes les opérations.
- B. Interdire l'utilisation de flammes nues et les travaux par point chaud et vérifier qu'aucune surface chaude n'est présente.
- C. Assurer une surveillance permanente pendant le soufflage pour éviter que la poussière en suspension n'introduise un risque (de gros nuages de poussière, par exemple). La définition du risque dépend des conditions locales.
- D. Limiter autant que possible les surfaces de soufflage.
- E. Limiter autant que possible le volume et la pression de l'air pendant le soufflage.
- F. Effectuer des soufflages réguliers afin d'éviter tout risque d'accumulation de poussière. Les fréquences requises et le risque introduit par l'accumulation dépendent des conditions locales.

2.4 Protection

2.4.1 Protection incendie générale

2.4.1.1 Installer une protection sprinkleur automatique dans les zones abritant une activité ou des matériaux de construction combustibles, conformément aux fiches techniques propres à l'activité concernée.

2.4.1.2 Ne pas fixer les canalisations sprinkleur à un mur, un plafond ou un toit qui pourrait être déplacé par la pression engendrée par l'explosion dans un local ou un bâtiment, ou s'assurer que ces structures peuvent supporter les canalisations sprinkleur. Cette disposition inclut les murs désignés comme des constructions anti-explosion.

2.4.1.3 Dans les installations de manipulation, de stockage et de traitement des grains, installer des colonnes sèches ou humides appropriées au niveau des opérations dans les locaux des élévateurs, les structures des convoyeurs et les zones de nettoyage et de séchage, conformément à la fiche technique de prévention des sinistres 4-4N de FM, *Standpipe and Hose Systems*. Dans les zones non chauffées de ces installations exposées au risque de gel, les solutions suivantes sont acceptables :

- A. Une petite vanne déluge agréée, déclenchée par des boutons d'arrêt installés au niveau de chaque robinet d'incendie armé. Une alimentation électrique de secours devrait être installée pour les circuits des vannes déluge. Des prises raccords rapides standard peuvent être utilisées si la pression n'est pas maintenue dans les canalisations.
- B. Un robinet d'incendie armé alimenté par un petit poste sous air séparé de ceux alimentant les sprinkleurs. Les points bas devraient disposer de points de purge et de vannes doubles. Les vannes d'alimentation des lances devraient comporter un dispositif d'aération automatique. Les employés devraient connaître le fonctionnement de ces dispositifs et la nécessité du processus d'extraction d'air jusqu'à l'arrivée de l'eau à la lance.

2.4.1.4 Installer une protection sprinkleur automatique dans les bâtiments abritant des activités de fabrication additive en tenant compte des points suivants :

- A. Pour les activités relevant des catégories de risque HC-2, dimensionner les sprinkleurs automatiques destinés aux zones de fabrication additive (pièces métalliques ou en plastique) conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 3-26 de FM, *Protection incendie pour les activités hors stockage*.
- B. Dimensionner les sprinkleurs automatiques destinés aux zones de stockage de conduites en plastique conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 8-9 de FM, *Stockage des produits des classes 1, 2, 3, 4 ou en plastique*, et aux conditions de stockage des matériaux (avec ou sans emballage carton).
- C. Dimensionner les sprinkleurs automatiques destinés aux zones de stockage abritant des poudres métalliques entreposées dans des conteneurs métalliques en fonction des activités environnantes. Il n'est pas nécessaire d'installer des sprinkleurs dans les petites zones de stockage incombustibles n'abritant aucun matériau combustible, sauf pour les poudres métalliques conservées dans des conteneurs métalliques.

2.4.2 Protection incendie des équipements

2.4.2.1 Protection incendie des collecteurs de poussière

2.4.2.1.1 Installer une protection incendie pour les collecteurs utilisés pour le traitement des poussières combustibles au moyen de l'une des options suivantes :

- A. protection sprinkleur automatique ;
- B. système d'extinction à eau pulvérisée fermé ou ouvert activé par un système de détection à infrarouge ou linéaire.

Lorsque des poussières combustibles sont collectées dans certaines parties du collecteur indiqué ci-dessous (voir la figure 2.4.2.1.1-1), concevoir et installer la protection sprinkleur ou le système d'extinction à eau pulvérisée de ces zones comme suit :

- A. Dans la zone du filtre à manches/bac de récupération, disposer les sprinkleurs/buses en tenant compte d'une couverture maximale de 4,6 m² et d'un débit minimal de 38 L/min par sprinkleur/buse.
- B. Dans le plénum d'air filtré, disposer les sprinkleurs/buses avec une couverture maximale de 9,3 m² et un débit minimal de 76 L/min par sprinkleur/buse.
- C. Dans les trémies de la zone du filtre à manches/bac de récupération ou le plénum d'air filtré, que la protection sprinkleur ne peut pas atteindre, disposer au moins un sprinkleur/une buse par trémie en tenant compte d'une couverture maximale de 9,3 m² et d'un débit minimal de 38 L/min par sprinkleur/buse.
- D. Les autres systèmes d'extinction (à vapeur, à gaz, au CO₂, etc.) ne devraient pas être installés comme protection incendie principale. Ils sont acceptables s'ils sont installés en tant que protection secondaire d'une des solutions indiquées précédemment.

Les dimensionnements décrits ci-dessus peuvent être calculés indépendamment les uns des autres et ne doivent pas nécessairement être utilisés simultanément. Utiliser un sprinkleur à réponse rapide de facteur K80 au minimum pour protéger les zones décrites ci-dessus. Voir la fiche technique 2-0 pour les pressions de conception minimales recommandées pour les sprinkleurs de facteur K80 ou plus. Le sprinkleur devrait être calibré à environ 28 °C au-dessus de la température maximale de fonctionnement du procédé OU à 100 °C (opter pour la température la plus élevée).

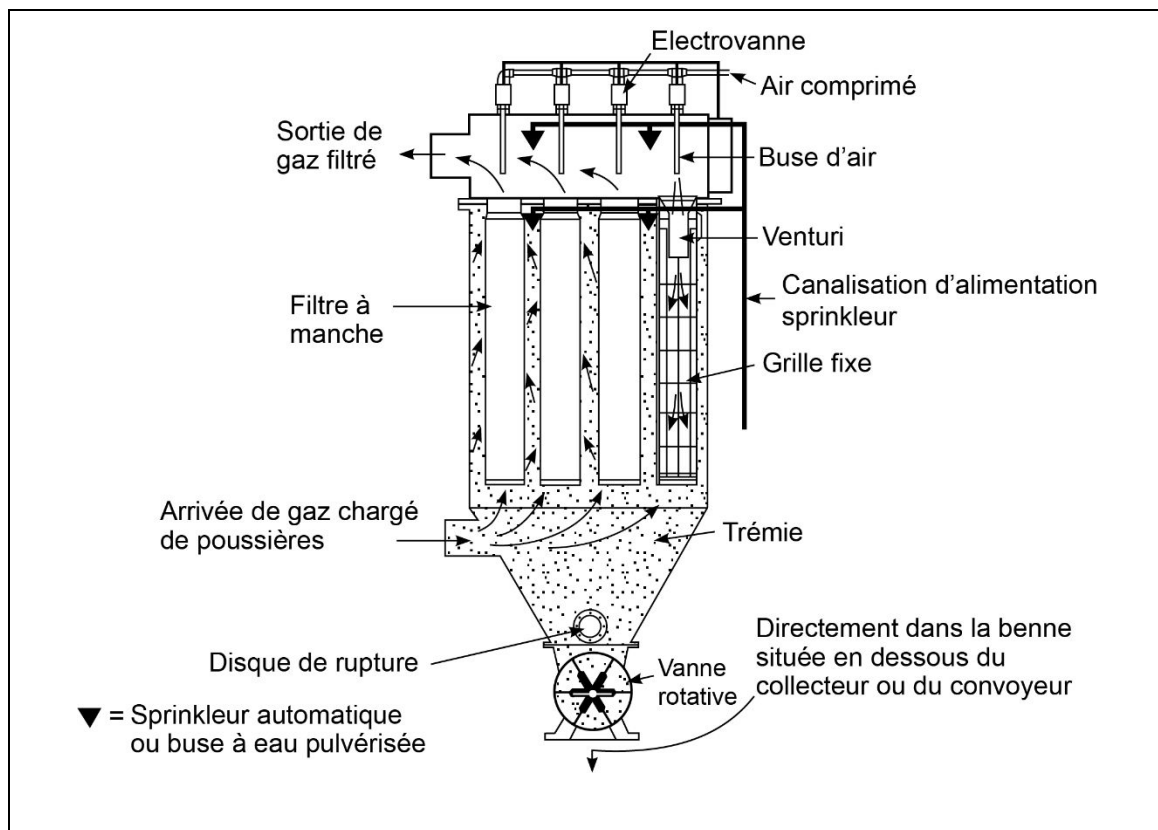


Figure 2.4.2.1.1-1. Protection sprinkleur automatique d'un collecteur à jet pulsé

2.4.2.1.2 Installer des trappes et des disques de rupture fixés par des ressorts ou d'autres dispositifs fiables, qui se déclenchent à 0,1 bar (10 kPa) ou moins, afin d'éviter l'accumulation d'une trop grande quantité d'eau délivrée par des lances incendie, des sprinkleurs ou des systèmes d'extinction à eau pulvérisée susceptible de provoquer des dommages structuraux sur le collecteur. Installer ces dispositifs aussi près que possible du bas de la trémie. Veiller à ce que leur agencement n'empêche pas le bon fonctionnement des événements.

2.4.2.1.3 Si une vanne rotative est installée, l'asservir pour qu'elle s'arrête en cas de déclenchement du système d'extinction automatique à eau du collecteur.

2.4.2.1.4 Dans les collecteurs traitant des poussières incombustibles, installer un système d'extinction automatique à eau (voir la section 2.4.2.1.1) **SAUF** pour les équipements suivants :

- A. Les collecteurs équipés d'un système de filtre en matériau coupe-feu ou ignifuge.
- B. Les petits collecteurs indépendants qui n'auraient qu'un impact minime sur l'interruption de l'activité s'ils étaient endommagés ou détruits.
- C. Les petits collecteurs indépendants présentant une faible fréquence de départs de feu. Si la fréquence des départs de feu est élevée (plus de deux ou trois par an) ou si l'endommagement ou la destruction du collecteur entraîne une interruption prolongée de l'activité, protéger ce dernier conformément aux recommandations de cette fiche technique pour les systèmes de collecte de poussière.

Les collecteurs munis de systèmes de filtres combustibles et qui traitent des poussières incombustibles devraient être équipés d'une protection sprinkleur en raison de la chaleur dégagée en cas d'incendie du système de filtre.

2.4.2.1.5 Prévoir les équipements manuels de lutte contre le feu suivants pour la maintenance des collecteurs :

- A. Pour les petits collecteurs : les extincteurs portables (à eau, de préférence) sont acceptables.

B. Pour les collecteurs plus grands, avec accessibilité de l'intérieur : installer une lance de 40 mm avec une combinaison de buses à eau pulvérisée/à jet bâton à proximité de la porte à l'extérieur du collecteur.

C. Aménager des trappes d'accès dans toutes les zones du collecteur qui le nécessitent afin de garantir l'efficacité de la lutte manuelle contre le feu.

2.4.2.2 Protection incendie des collecteurs de poussière à voie humide

2.4.2.2.1 Installer une protection sprinkleur automatique ou un système d'extinction à eau pulvérisée à l'intérieur des collecteurs à voie humide construits en matériaux combustibles ou comportant des revêtements ou des matériaux d'emballage combustibles conformément à la section 2.4.2.1.

2.4.2.2.2 Installer des dispositifs d'asservissement pour empêcher le fonctionnement du système, sauf si le système d'arrosage (servant à humidifier la poussière) situé à l'intérieur du collecteur à voie humide est en service.

2.4.2.2.3 Maintenir le niveau de liquide au-dessus du niveau de boue ou privilégier une configuration permettant la vidange continue et l'élimination adéquate de la boue.

2.4.2.2.4 Retirer la boue soumise à un échauffement spontané des collecteurs dès leur arrêt.

2.4.2.2.5 En cas d'utilisation d'aspirateurs à eau, vérifier le niveau d'eau disponible dans l'appareil avant de le démarrer.

2.4.2.2.6 Évacuer la boue de la trémie de l'aspirateur à eau avant de l'arrêter et après huit heures d'utilisation au maximum.

2.4.2.3 Protection incendie des cyclones

2.4.2.3.1. Lorsque des cyclones traitent des poussières incombustibles, aucune protection incendie n'est nécessaire.

2.4.2.3.2 Installer des sprinkleurs à l'intérieur d'un cyclone qui traite des poussières combustibles si la fréquence des départs de feu au niveau de ce dernier est élevée ou s'il est construit en matériaux combustibles. Les sprinkleurs devraient être au minimum de facteur K80, positionnés en haut du cyclone et fournir un débit minimal de 38 L/min. Installer un sprinkleur pour 9,3 m² en utilisant le diamètre maximal du cyclone.

2.4.2.3.3 Pour les cyclones traitant des fibres ou du bois dans des activités de menuiserie ou liées au travail du bois (broyage et séchage dans les usines de production de panneaux de particules de bois, par exemple), consulter la fiche technique 7-10 pour plus d'informations.

2.4.2.4 Protection incendie des élévateurs à godets pour transfert vertical

2.4.2.4.1 Installer une protection sprinkleur automatique au sommet de l'élévateur à godets pour transfert vertical si son enceinte est incombustible. Si l'enceinte est constituée de matériaux combustibles, installer une protection sprinkleur automatique supplémentaire le long du puits de l'élévateur (puits interne avec des côtés combustibles), espacés de 3 à 3,7 m.

2.4.2.4.2 Les bandes et godets combustibles sont considérés comme des matériaux de construction combustibles. Lorsque ces équipements sont les seuls composants combustibles, évaluer leur charge combustible en cas d'incendie afin de déterminer si une protection sprinkleur est nécessaire.

2.4.2.4.3 Concevoir la protection sprinkleur pour fournir un débit minimal de 95 L/min au sprinkleur le plus éloigné.

2.4.2.4.4 Si les sprinkleurs sont situés dans des zones sujettes au gel, installer une protection adaptée aux températures attendues pour l'installation.

2.4.2.5 Protection incendie des séchoirs par atomisation

2.4.2.5.1 Installer une protection automatique comportant des sprinkleurs ou des buses de pulvérisation d'eau pour les séchoirs par atomisation conformément à la fiche technique 6-9.

2.4.2.5.2 Vérifier que les buses des séchoirs par atomisation sont exemptes d'obstacles afin d'éviter tout risque d'accumulation de dépôts de matières et une surchauffe localisée susceptible d'entraîner un incendie.

2.4.2.6 Équipements de production volumineux

2.4.2.6.1 Installer des sprinkleurs à l'intérieur des équipements de production de grande taille. Par exemple, inclure l'étage le plus bas de la zone sèche des fours à malt dans les installations de traitement des grains.

2.4.2.7 Protection incendie des filtres électrostatiques

2.4.2.7.1 Installer un système d'extinction à eau pulvérisée automatique présentant un débit minimal de 75 L/min par buse.

2.4.2.7.2 Installer un système d'extinction à eau pulvérisée automatique dans les zones suivantes des filtres électrostatiques :

- A. à l'intérieur des filtres électrostatiques en matériaux combustibles ;
- B. au-dessus des filtres électrostatiques en matériaux combustibles ;
- C. à l'intérieur des filtres électrostatiques collectant des matériaux combustibles ;
- D. à l'intérieur des filtres électrostatiques disposant de réservoirs à bain d'huile ;
- E. au-dessus des joints d'étanchéité d'huile des filtres électrostatiques, des cuves, réservoirs et canalisations de décantation d'huile correspondants et sur 6 m au-delà.

S'assurer de la protection adéquate de toutes les zones combustibles du filtre électrostatique, y compris des plaques de collecte sujettes à l'accumulation de résidus combustibles.

Pour une protection adéquate, les zones décrites ci-dessus peuvent être calculées indépendamment les unes des autres, et il n'est pas nécessaire de les utiliser simultanément. Utiliser un sprinkleur à réponse rapide de facteur K80 au minimum pour protéger les zones décrites ci-dessus. Voir la fiche technique 2-0 pour les pressions de conception minimales recommandées pour les sprinkleurs de facteur K80 ou plus. La température de déclenchement recommandée du sprinkleur devrait être adaptée aux températures attendues à l'intérieur du filtre électrostatique.

2.4.2.7.3 Une protection sprinkleur automatique est acceptable pour les filtres électrostatiques dans lesquels elle est installée à la place d'un système d'extinction à eau pulvérisée si les sprinkleurs fournissent une densité minimale de 75 L/min et sont installés dans toutes les zones comme indiqué à la section 2.4.2.7.2.

2.4.2.7.4 Une protection sprinkleur automatique ou un système d'extinction à eau pulvérisée n'est pas nécessaire à l'intérieur des filtres électrostatiques humides ou en matériaux incombustibles collectant des matériaux incombustibles, même en cas d'utilisation de papier filtre sec ou de plaques métalliques à revêtement adhésif combustibles.

2.4.2.7.5 Les systèmes de protection spéciaux (à dioxyde de carbone ou à vapeur, par exemple) ne sont pas acceptables s'ils sont utilisés comme protection principale.

2.4.2.7.6 Protéger les gaines raccordées aux filtres électrostatiques (figure 2.4.2.7.6-1) conformément à la fiche technique 7-78, en respectant toutefois chacune des exceptions suivantes :

- A. Utiliser uniquement des systèmes d'extinction à eau pulvérisée ouverts, et un débit minimal de 75 L/min par buse. Ces caractéristiques sont similaires à celles de la protection spécifiées pour le filtre électrostatique.
- B. Configurer le système de détection et de commande de sorte que toutes les buses du filtre électrostatique et toutes les gaines raccordées s'activent simultanément.
- C. Dans les gaines, installer les buses de pulvérisation d'eau ouvertes automatiques comme suit :
 - 1. espacer les buses conformément aux recommandations de la fiche technique 7-78 ;
 - 2. utiliser des buses grand angle et à jet conique plein ;
 - 3. installer une buse à l'intérieur de chaque passage de gaines en toiture ;

4. prévoir une buse dans la gaine de chaque passage dans les dalles pour les bâtiments de plusieurs étages.

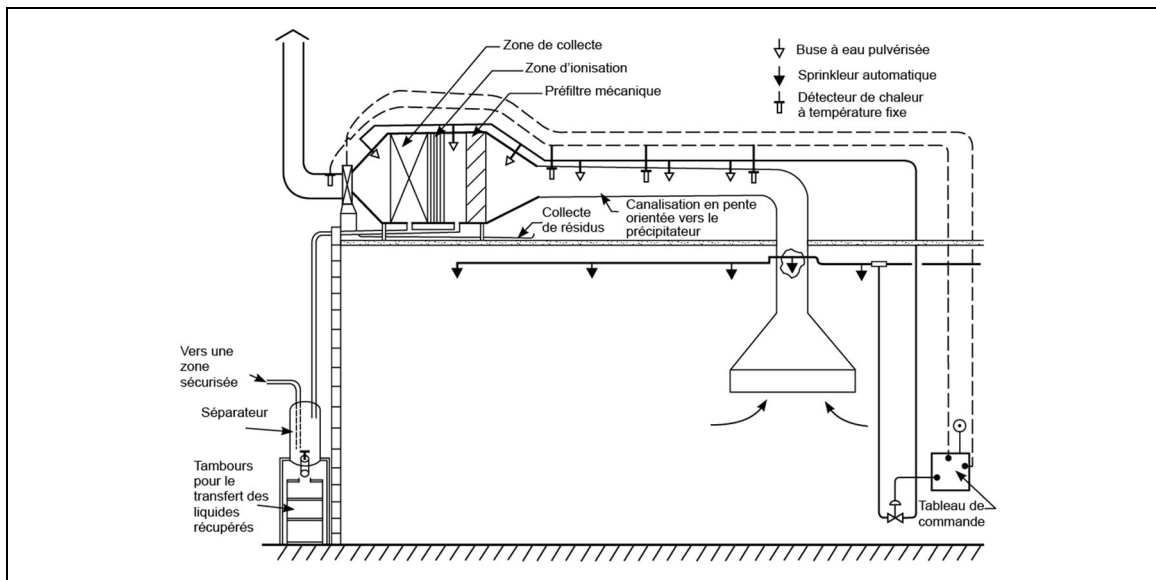


Figure 2.4.2.7.6-1. Filtre électrostatique avec système d'extinction à eau pulvérisée pour le filtre et les gaines (une seule gaine représentée)

2.4.2.7.7 Prévoir l'évacuation de l'eau provenant des systèmes de protection. La pente des gaines doit permettre l'écoulement de l'eau vers le filtre électrostatique. Installer un séparateur pour les filtres électrostatiques utilisés pour collecter les brouillards d'hydrocarbures afin d'éviter que la distribution du système d'extinction à eau pulvérisée n'entraîne un déversement d'hydrocarbures susceptible de présenter un risque pour les bâtiments ou les biens du site.

2.4.2.7.8 Installer des dispositifs d'asservissement automatiques pour couper l'alimentation électrique du filtre électrostatique et arrêter le ventilateur du système d'extraction en cas de déclenchement des systèmes d'extinction à eau pulvérisée.

2.4.2.7.9 Ne pas utiliser de filtres électrostatiques dans les zones où les concentrations de poussières combustibles sèches dans l'air peuvent dépasser la concentration minimale d'explosion (CME) en raison du risque d'ignition par un arc électrique se formant dans le filtre.

2.4.3 Protection anti-explosion des équipements

2.4.3.1 Généralités

2.4.3.1.1 Protéger les équipements présentant un risque d'explosion de poussière au moyen de l'une ou de plusieurs des options suivantes, sauf spécification contraire dans les sections relatives aux équipements (section 2.4.3) :

- A. Constructions anti-explosion : incluent les événements d'explosion, certaines combinaisons d'événements d'explosion et de dispositifs de résistance à la pression, et les dispositifs de confinement d'explosion.
- B. Systèmes d'évent avec arrête-flamme agréés FM.
- C. Système d'isolement d'explosion.
- D. Inertage.
- E. Suppression d'explosion

Les équipements à protéger incluent, sans s'y limiter, les éléments suivants :

- collecteurs de poussière ;

- équipements de traitement (mélangeurs, etc.) ;
- silos et bennes ;
- équipements de broyage (broyeurs) ;
- élévateurs à godets ;
- séchoirs.

2.4.3.1.2 Lorsqu'une construction anti-explosion est installée pour protéger un équipement, concevoir cette dernière à l'aide du logiciel DustCalc et de l'annexe C de la présente fiche technique, et tenir compte des recommandations suivantes :

- A. Pour un équipement/appareil muni d'événements d'explosion et situé à l'intérieur d'un local/bâtiment, diriger ces événements vers un lieu sûr à l'extérieur. Voir également la section 2.2.1.4.
- B. Ne pas utiliser de construction anti-explosion pour protéger un équipement/appareil présentant un risque d'explosion créé par des poussières métalliques combustibles très réactives.
- C. Un dispositif de confinement d'explosion à l'intérieur d'un équipement/appareil (conception résistante aux explosions) est acceptable, à condition que le calcul de résistance de l'appareil tienne compte d'une résistance à une pression minimale de 6 barg et que la pression initiale à l'intérieur de l'équipement/appareil soit inférieure à 0,1 barg. Cette conception devrait empêcher la déformation de l'équipement/appareil.
- D. L'installation d'une protection anti-explosion sur des équipements/appareils fonctionnant à des pressions supérieures à 0,1 barg nécessite une analyse approfondie. Voir la section C.3 pour de plus amples informations.

2.4.3.1.3 Lorsque les équipements/appareils situés à l'intérieur d'un bâtiment ne peuvent pas être munis d'événements débouchant à l'extérieur, utiliser un système d'événement avec arrête-flamme agréé FM en tenant compte des points suivants :

- A. Sélectionner et installer le système conformément à l'annexe D et aux indications du *guide des produits agréés FM*.
- B. Ne pas utiliser d'événements d'explosion munis de dispositifs arrête-flamme avec des poussières métalliques.
- C. Ne pas utiliser d'événements d'explosion munis de dispositifs arrête-flamme avec des poussières fibreuses ou fondues sauf s'ils sont spécifiquement agréés FM pour une utilisation dans ces conditions.
- D. Ne pas utiliser d'événements d'explosion munis de dispositifs arrête-flamme dans des zones où il est impossible d'empêcher l'émission de poussières en suspension. La zone à proximité d'un événement d'explosion avec dispositif arrête-flamme devrait être exempte de toute poussière en suspension. La surface de cette zone dépendra du modèle d'événement avec dispositif arrête-flamme utilisé.
- E. En cas d'utilisation d'un système d'événement avec arrête-flamme agréé FM, tenir compte de la réduction de la surface d'événement nominale (effective) due à l'installation du système.
- F. Ne pas couvrir (ou installer de couvercles sur) les événements d'explosion munis de dispositifs arrête-flamme.

2.4.3.1.4 Pour éviter la propagation d'une déflagration entre les équipements/appareils ou bâtiments raccordés, utiliser des systèmes d'isolement d'explosion installés conformément aux instructions suivantes :

- A. Installer le ou les appareils conformément à l'annexe E de la présente fiche technique, à la fiche technique 7-17 et aux recommandations du fabricant.
- B. Lorsque des équipements, appareils ou groupes d'appareils sont conçus pour contenir la pression d'explosion (conception résistante aux explosions), un système d'isolement d'explosion devrait être installé sur tous les raccords en sortie ou en entrée de ces équipements.

Les dispositifs à clapets rotatifs, les vannes guillotine à fermeture rapide, les vannes à guillotine ou les systèmes d'isolation chimique sont des systèmes d'isolement qui peuvent être utilisés et devraient être installés conformément aux recommandations de cette fiche technique.

C. Pour les raccordements entre les équipements, les longues sections de gaines, les gaines présentant plusieurs coudes et les changements de diamètre des gaines ne sont pas des méthodes d'isolement d'explosion/de réduction des risques d'explosion acceptables. Si nécessaire, un système d'isolement d'explosion devrait être installé conformément aux recommandations de cette fiche technique.

2.4.3.1.5 Lorsqu'un équipement ou un appareil ne peut pas être protégé conformément à la section 2.4.3.1.2 ou 2.4.3.1.3, OU lorsqu'il est stratégique pour un procédé de production, utiliser un système de suppression d'explosion agréé FM conformément aux instructions suivantes et aux recommandations spécifiques aux équipements de la présente fiche technique :

- A. Concevoir et installer un système de suppression d'explosion agréé FM conformément à l'annexe F, à la fiche technique 7-17, à la liste des produits agréés FM et aux recommandations du fabricant.
- B. Lorsqu'un système de suppression d'explosion est installé sur des équipements/appareils séparés, installer les dispositifs d'isolement d'explosion entre ces équipements/appareils.
- C. Dimensionner le système de suppression d'explosion pour le volume total de l'équipement/appareil. Ne pas omettre le plénum d'air filtré dans un collecteur de poussière ou dans les zones supérieures d'un séchoir par atomisation.
- D. Confirmer que la pression finale du système après la décharge du système de suppression (incluant la montée en pression créée par cette dernière) est inférieure à la résistance de l'équipement/appareil protégé.
- E. Ne pas utiliser de système de suppression d'explosion pour les poussières métalliques très réactives, sauf si les données de test disponibles, développées sur la base d'un appareil d'au moins 1 m³, indiquent que la conception du système permet de limiter ce risque.
- F. Ne pas utiliser de système de suppression d'explosion conjointement avec un événement d'explosion, sauf si la conception du système de suppression repose sur l'hypothèse qu'aucun événement de ce type n'est installé.
- G. Ne pas installer de systèmes de suppression d'explosion dans les zones abritant des poussières dont la valeur K_{st} est supérieure à 200, sauf si des essais d'explosion à grande échelle ont prouvé leur efficacité. En général, ces poussières ne peuvent pas être éliminées efficacement en raison de leur vitesse d'augmentation de pression très rapide.
- H. L'installation d'un système de suppression d'explosion sur des équipements/appareils fonctionnant à des pressions supérieures à 0,1 barg nécessite une analyse approfondie. Voir la section C.3 pour de plus amples informations.

2.4.3.1.6 Lorsqu'un équipement ou un procédé est protégé par un système d'extinction à gaz inerte (inertage), utiliser un système approprié conformément aux instructions suivantes :

- A. Installer des systèmes d'extinction à gaz inerte conformément aux recommandations de la fiche technique de prévention des sinistres 7-59 de FM, *Inerting and Purging Vessels and Equipment*.
- B. Pour l'inertage d'équipements/appareils contenant des métaux combustibles, sélectionner un gaz inerte qui ne réagit pas avec la poussière métallique. Pour plus d'informations sur les gaz inertes adaptés aux différents métaux, consulter les fiches techniques 7-59 et 7-85.

2.4.3.2 Protection anti-explosion des collecteurs de poussière

2.4.3.2.1 Lors de la définition de la surface d'événement d'explosion pour un collecteur de poussière de type intermédiaire (filtres en tissu ou cartouches filtrantes en papier, par exemple), inclure à la fois le côté air propre et le côté air sale pour calculer le volume du collecteur.

2.4.3.2.2 Pour les collecteurs de poussière de type intermédiaire, placer les événements d'explosion entièrement sur le côté sale du volume du collecteur.

2.4.3.2.3 Lorsqu'il est nécessaire d'installer un événement sur le côté propre, utiliser l'équation suivante pour calculer la quantité minimale de la surface d'événement d'explosion totale qui doit être fournie sur le côté sale :

$$A_{v,sale,min} \geq (V_{sale}/V_{total})^{2/3} \times A_{v,total}$$

où :

$A_{v, \text{total}}$ correspond à la surface totale d'évent requise.

$A_{v, \text{sale, min}}$ correspond à la surface minimale d'évent d'explosion qui doit se trouver sur le côté sale du collecteur de poussière.

V_{sale} est le volume du côté sale du collecteur de poussière.

V_{total} est le volume total du collecteur de poussière.

2.4.3.2.4 Installer des collecteurs de poussière portables (des aspirateurs, par exemple) équipés d'une protection adaptée au matériau collecté. Cette protection peut inclure un système d'évent ou un dispositif de confinement d'explosion adéquat.

2.4.3.3 Protection anti-explosion des cyclones

2.4.3.3.1 Installer une protection anti-explosion sur les cyclones traitant des poussières combustibles. Pour les cyclones traitant des fibres ou du bois dans des activités de menuiserie ou liées au travail du bois (broyage et séchage dans les usines de production de panneaux de particules de bois, par exemple), consulter la fiche technique 7-10.

2.4.3.3.2 Les cyclones peuvent être considérés comme équipés d'un système de décharge d'explosion adéquat sans aucun événement d'explosion supplémentaire s'ils répondent à TOUS les critères suivants :

A. la poussière traitée a un K_{st} de 80 bar m/s ou moins ; **ET**

B. l'échappement renvoie directement dans l'atmosphère via la conduite de sortie de gaz en haut du cyclone ; **ET**

C. le diamètre de la conduite de sortie de gaz est d'au moins 45 % du diamètre du cyclone ; **ET**

D. l'écoulement libre des gaz n'est pas entravé par le tamisage.

Un « chapeau de pluie » situé au-dessus de l'orifice de sortie de gaz ne va pas à l'encontre de ces critères tant que sa distance au-dessus de la sortie de gaz n'est pas inférieure à la moitié du diamètre de la sortie de gaz.

2.4.3.3.3 Vérifier le dimensionnement des événements d'explosion pour toutes les autres situations, ce qui inclut, sans s'y limiter, un K_{st} plus élevé, une sortie de gaz plus petite, des sorties de gaz avec une gaine présentant un rapport L/D supérieur à 1, une gaine avec un coude, etc.

2.4.3.4 Protection anti-explosion des élévateurs à godets

2.4.3.4.1 Installer des événements d'explosion pour protéger les élévateurs à godets fermés qui traitent des poussières avec un K_{st} de 200 maximum. S'il est impossible d'installer des événements d'explosion, les systèmes de suppression d'explosion sont acceptables. Pour plus d'informations, consulter la section 2.4.3.4.10.

Positionner les événements d'explosion sur toute la longueur de l'élévateur à godets. Ils devraient être espacés conformément au tableau 2.4.3.4.1-1, en fonction du type d'élévateur, du K_{st} et de la P_{red} de l'enceinte.

Tableau 2.4.3.4.1-1. Événement d'explosion de l'élévateur à godets

Type d'élévateur à godets	K_{st} (bar m/s)	Espacement maximal des événements (m) ^{Remarque 1}		
		$P_{red} < 0,2$ bar	$0,2 < P_{red} \leq 0,5$ bar	$0,5 < P_{red} \leq 1,0$ bar
Double enveloppe	< 100 %	6	Aucun requis	Aucun requis
	100-150	3	10	19
	151-175	N/A	4	8
	176-200	N/A	3	4
Simple enveloppe	< 100 %	N/A	Aucun requis	Aucun requis
	100-150	N/A	7	14
	151-175	N/A	4	5
	176-200	N/A	3	4

Remarque 1 L'espacement est mesuré du centre d'un événement d'explosion à celui de l'événement suivant.

2.4.3.4.2 Diriger l'évent d'explosion des élévateurs intérieurs vers l'extérieur par des conduits droits courts, ou installer des dispositifs arrête-flamme agréés FM conformément aux recommandations de cette fiche technique.

2.4.3.4.3 Installer l'évent d'explosion dans la section supérieure équivalente à la section transversale de la jambe de l'équipement.

2.4.3.4.4 Installer l'évent inférieur aussi près que possible de la trémie (partie inférieure) de l'élévateur à godets, sans dépasser l'espacement indiqué dans le tableau 2.4.3.4.1-1.

2.4.3.4.5 Dimensionner les événements d'explosion équivalents à la section transversale de la jambe de l'équipement. La surface d'évent peut être constituée comme des événements séparés de demi-taille, situés de part et d'autre de l'enceinte.

2.4.3.4.6 Installer un événement d'explosion au sommet et à la base des équipements à double enveloppe.

2.4.3.4.7 Des événements d'explosion peuvent être installés sur les côtés ou la façade de l'enveloppe.

2.4.3.4.8 Régler la pression de décharge de l'évent d'explosion (P_{stat}) à 0,1 barg ou moins et construire des événements en matériau léger.

2.4.3.4.9 Lorsque le sommet de l'élévateur ou la trémie alimente des équipements ou des zones présentant un risque d'explosion, installer un système d'isolement d'explosion (clapets rotatifs ou isolation chimique, par exemple) entre la tête ou la trémie et les zones ou équipements adjacents.

2.4.3.4.10 Lorsque des systèmes de suppression d'explosion sont utilisés dans des élévateurs à godets, ils devraient être installés conformément aux sections 2.4.3.1.5 et 2.4.3.4.9 et à l'annexe F de cette fiche technique, ainsi qu'aux recommandations suivantes :

A. Lorsqu'un système de suppression d'explosion est utilisé, il devrait être installé sur tous les élévateurs intérieurs.

B. Dans les installations de traitement des grains équipées d'événements d'explosion (voir la section 2.4.3.1.5), des systèmes de suppression ou de blocage des explosions devraient être installés dans certaines zones des élévateurs à godets (trémie, entrée, sortie et poulie de tête) afin d'atténuer le risque de propagation d'une explosion d'une zone à l'autre.

2.4.3.5 Protection anti-explosion des séchoirs par atomisation

Compte tenu du fonctionnement des séchoirs par atomisation, l'essentiel de leur volume est inférieur à la CME et seule leur partie conique inférieure contient un mélange explosif. Leurs calculs de conception fournissent généralement ces informations. Les flux de recirculation éventuels peuvent modifier le volume du séchoir inférieur à la CME. S'ils ne sont pas pris en compte, ils sont susceptibles de rendre la protection anti-explosion inefficace.

2.4.3.5.1 Pour évaluer la protection anti-explosion des séchoirs par atomisation, mettre en œuvre les recommandations suivantes :

A. La concentration moyenne de poussière dans la partie cylindrique devrait être inférieure à la CME du matériau traité.

B. La concentration moyenne de poussière dans la partie cylindrique devrait inclure (le cas échéant) les flux de recirculation introduits dans la partie supérieure du séchoir par atomisation.

2.4.3.5.2 Installer une protection anti-explosion pour le séchoir par atomisation. Lorsqu'un événement d'explosion est installé, le logiciel DustCalc de FM devrait être utilisé pour confirmer que la surface d'évent d'explosion requise prend en compte le nuage combustible n'existant que dans une fraction du volume total de l'appareil.

2.4.3.5.2.1 Lorsque d'autres systèmes de protection anti-explosion sont utilisés (suppression d'explosion et événements avec dispositifs arrête-flamme, par exemple), suivre les recommandations relatives à ces systèmes, comme indiqué dans cette fiche technique.

2.4.3.5.3 Évaluer les raccordements du séchoir par atomisation et des équipements en aval conformément aux recommandations énoncées à la section 2.4.3.1.4.

2.4.3.5.4 Lorsque des événements d'explosion sont installés sur un séchoir par atomisation, les répartir uniformément sur la circonférence du séchoir. Ils devraient être placés en priorité dans ou à proximité de la section conique du séchoir, car cette zone présente le risque d'explosion le plus élevé. Voir la figure 2.4.3.5.4-1.

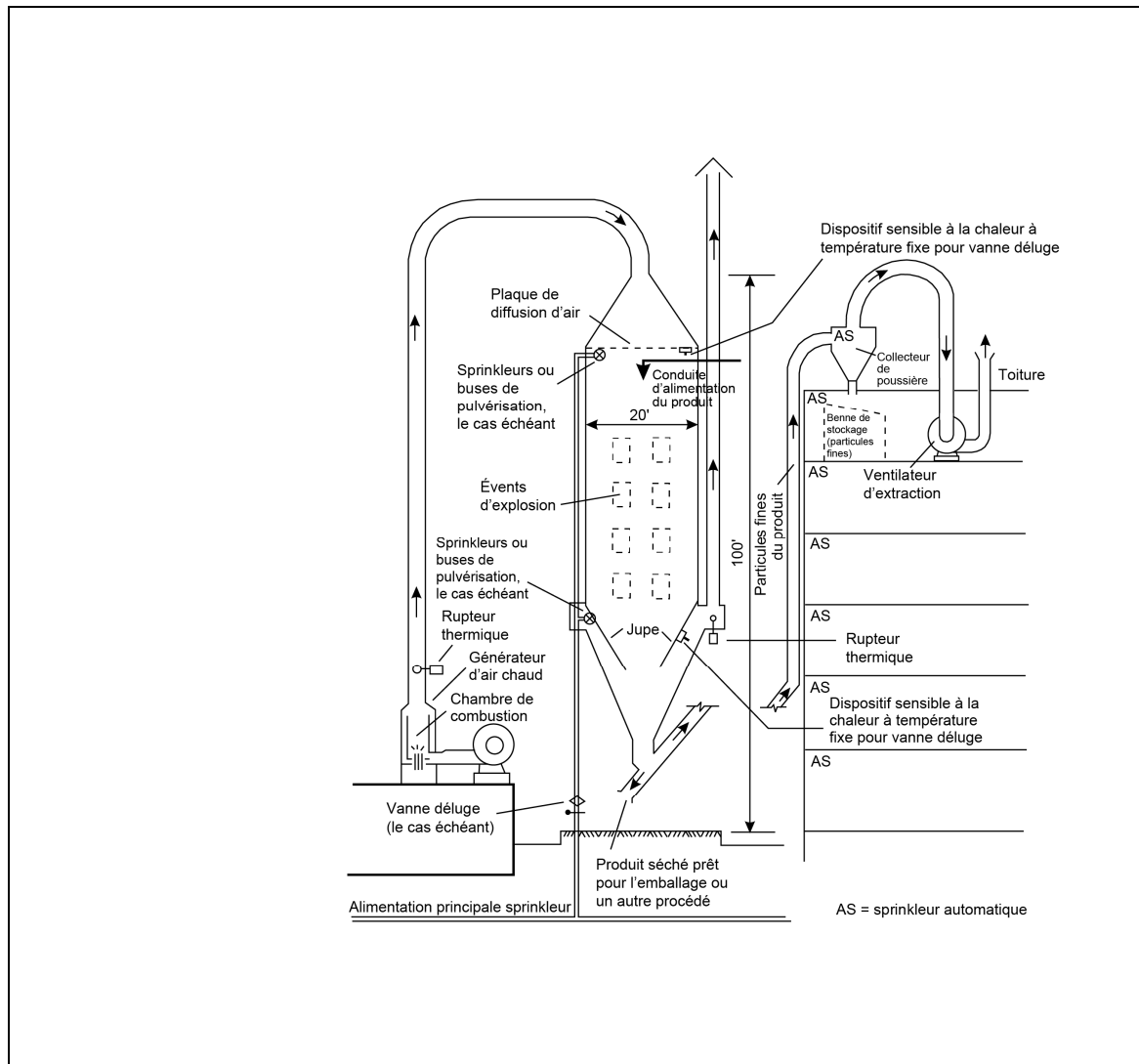


Figure 2.4.3.5.4-1. Positionnement des événements d'explosion sur un grand séchoir par atomisation

2.4.3.6 Séchoirs à grains et fours à malt

2.4.3.6.1 Installer des événements d'explosion dans les séchoirs à grains en fonction de leur conception et conformément à la fiche technique 6-9. Ils ne sont pas nécessaires dans les fours à malt.

La conception de certains séchoirs à grains (modèles rotatifs, par exemple) peut empêcher l'installation des événements d'explosion. D'autres solutions de protection peuvent alors être nécessaires.

2.4.3.6.2 Installer un système de contrôle de la température automatique, couplé à un circuit de commande de sécurité indépendant, sur les séchoirs à grains et les fours à malt afin d'arrêter le chauffage et les ventilateurs dans les cas suivants :

- A. chargement ou déchargement d'un produit en cas de détection de températures excessives dans le séchoir ;
- B. arrêt des ventilateurs d'air chaud ;
- C. arrêt des ventilateurs d'air de refroidissement ;

D. défaut de flamme au niveau du brûleur ;

E. incendie dans le séchoir ou le four.

La limite de température devrait être réglée à environ 14 °C au-dessus de la température de fonctionnement du séchoir.

2.4.3.6.3 Installer un dispositif en sortie du séchoir permettant d'intercepter et de décharger les stocks en cas d'incendie dans ce dernier.

2.4.3.7 Gaines de raccordement

Les gaines reliant des pièces d'un processus ou d'un collecteur de poussière peuvent favoriser le passage d'une explosion initiale et peuvent contenir suffisamment de poussière pour propager une explosion. Cette section ne s'applique pas aux gaines d'air propres en aval des séparateurs air-matériau ni au transfert pneumatique de matériaux de procédé à des taux bien supérieurs à ceux de la CME (transfert de phase dense).

2.4.3.7.1 Éviter l'interconnexion de multiples équipements présentant un risque d'explosion de poussière.

2.4.3.7.2 Protéger les gaines contenant de la poussière combustible à des concentrations toujours inférieures à celles de la CME et qui transportent la poussière à des vitesses rendant son accumulation improbable comme suit :

A. Installer des systèmes d'isolement d'explosion sur les raccordements à des équipements importants.

B. Installer des dispositifs anti-explosion sur les gaines qui reviennent vers des bâtiments susceptibles d'abriter de la poussière en suspension et des équipements onéreux ou des procédés importants pouvant être endommagés.

2.4.3.7.3 Protéger les gaines contenant de la poussière combustible à des concentrations égales celles de la CME ou les dépassant fréquemment, et qui transportent la poussière à des vitesses susceptibles de provoquer son accumulation comme suit :

A. Canaliser les gaines vers l'extérieur.

B. Installer un dispositif d'isolement d'explosion à chaque point de connexion entre la gaine et un équipement.

C. Protéger la gaine contre une explosion se propageant dans le mélange explosif en utilisant l'une des méthodes suivantes :

1. Équiper la gaine d'un événement d'explosion.

2. Concevoir la gaine de sorte qu'elle ne résiste pas à des pressions aussi faibles que possible, mais pas plus de 0,3 barg.

D. Transporter le matériau en utilisant une atmosphère inerte dans la gaine. Voir également les recommandations relatives à l'inertage des poussières de la présente fiche technique et de la fiche technique 7-59.

Pour plus d'informations, consulter la fiche technique 7-78, *Industrial Exhaust Systems*.

2.4.3.7.4 Protéger les gaines qui doivent être installées à l'intérieur et contiennent de la poussière combustible à des concentrations supérieures à celles de la CME, ou qui transportent la poussière à une vitesse inférieure à sa vitesse d'accumulation comme suit :

A. installer un dispositif d'isolement d'explosion à chaque point de connexion entre la gaine et un équipement ; ET

B. concevoir la gaine de manière à contenir l'explosion (résistante aux chocs) ; OU

C. équiper la gaine d'un événement d'explosion en canalisant toutefois les événements vers l'extérieur.

2.4.3.7.5 Positionner les événements d'explosion sur toute la longueur de la gaine comme suit :

A. Calculer la distance maximale entre les événements d'explosion (L_{max}) :

1. $L_{max} = 7,5 D^{1/3}$, D et L en mètres ; OU

2. $L_{max} = 16,5 D^{1/3}$, D et L en pieds.

B. Pour les gaines non circulaires, calculer le diamètre hydraulique de l'équation ci-dessus avec :

$$\text{Diamètre hydraulique} = \frac{4A}{p}$$

où :

A = surface de la section de l'évent

P = périmètre de la section

C. Prévoir une surface d'évent à chaque emplacement au moins égale à la section transversale de la gaine.

D. Prévoir un événement de dimensionnement normal à une distance maximale équivalente à deux diamètres, du point de raccordement de la gaine à un élément de l'équipement.

E. Régler les pressions de décharge de l'évent d'explosion (P_{stat}) aussi basses que possible, avec une valeur maximale de 0,1 barg.

F. Prévoir un événement d'explosion au niveau de tous les coudes et brides d'extrémité (voir la figure 2.4.3.7.5-1).

G. Lorsqu'ils sont situés à l'intérieur, acheminer les produits explosifs vers l'extérieur via une gaine courte (L/D inférieur ou égal à 1).

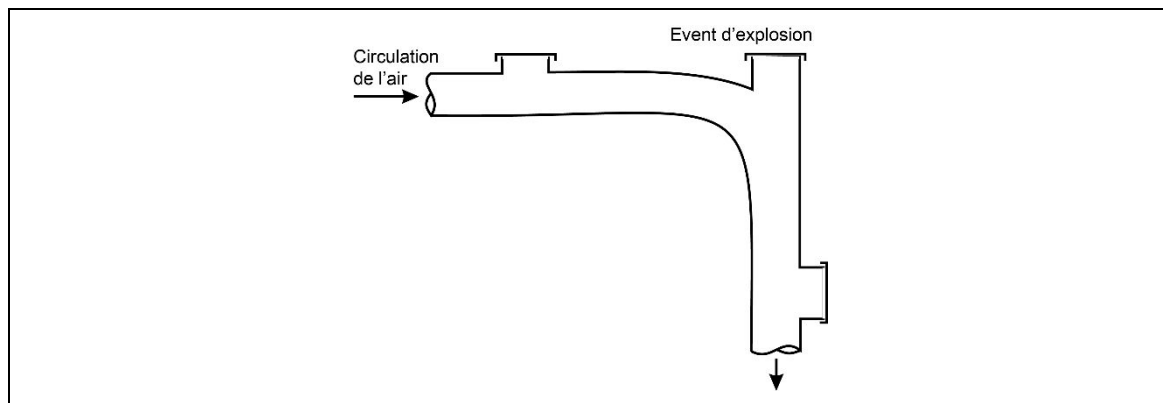


Figure 2.4.3.7.5-1. Gaine avec événement d'explosion au niveau d'un coude

2.4.3.7.6 Les gaines utilisées pour le transport pneumatique en phase dense de poussières combustibles peuvent être installées sans dispositif d'isolement d'explosion si le matériau transporté n'est pas une poussière métallique ou un mélange hybride. Le transport en phase dense ne présente généralement aucun risque de propagation d'explosion.

2.4.3.8 Silos de stockage de poussière

2.4.3.8.1 Lorsqu'un silo de stockage contenant de la poussière combustible est équipé d'un collecteur de poussière (autre qu'une simple chaussette d'évent) sur l'évent de respiration, considérer la combinaison collecteur/silo comme une seule unité si l'une des conditions suivantes existe :

A. la gaine reliant le silo au collecteur de poussière présente un rapport L/D inférieur à deux ; **OU**

B. la section transversale de la gaine de raccordement est au moins aussi grande que la surface d'évent nécessaire pour protéger seulement le volume du collecteur de poussière.

2.4.3.8.2 Installer un événement d'explosion pour la combinaison silo/collecteur en fonction du volume total des deux équipements.

Si possible, installer une partie de l'évent d'explosion sur le collecteur de poussière, afin de ne pas dépasser la section transversale de la gaine de raccordement, même si tous les événements d'explosion se trouvent sur le silo.

2.4.3.8.4 Lorsque la combinaison collecteur de poussière/silo ne répond pas aux critères d'une seule unité, installer un événement d'explosion pour chaque composant en fonction de son volume individuel et prévoir un événement d'explosion pour la gaine de raccordement.

2.4.3.8.5 Vérifier que la zone de l'événement d'explosion prévue pour un silo ne dépasse pas sa section (A_{x-sect}).

2.4.3.8.6 Si les calculs montrent que la surface d'événement nécessaire est supérieure à la section transversale, utiliser un système de suppression d'explosion ou renforcer le silo afin qu'il puisse résister à la valeur P_{red} correspondant à $A_v = A_{x-sect}$.

2.4.3.8.7 Ne pas utiliser de canons à air pour briser les matières responsables de la formation d'une arche dans les silos contenant des matériaux combustibles en cas de présence de particules inférieures à environ 500 microns dans le matériau.

2.4.3.8.8 Ne pas utiliser de toitures à joint debout ni de jonctions couverture-structure fragiles comme événements d'explosion sur des appareils contenant des poussières combustibles.

2.4.3.8.9 Lorsque des distributeurs à tête tournante sont utilisés, les équiper d'un manchon annulaire rotatif afin d'obturer les becs lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

2.4.3.8.10 Lors du remplissage des bennes, pressuriser les distributeurs à tête tournante afin de limiter l'accumulation de poussière dans ces équipements.

Les distributeurs à tête tournante sont des coffrets coniques creux généralement utilisés dans les activités de stockage en vrac (traitement et stockage des grains, par exemple). Les modèles les plus simples présentent une unique conduite d'alimentation au sommet et plusieurs sorties en bas. Il est possible de faire pivoter la conduite d'alimentation à l'intérieur de la structure conique afin de répartir les produits dans des zones spécifiques (un silo ou une cuve de stockage, par exemple).

2.5 Équipements et procédés

2.5.1 Généralités

Les méthodes suivantes de contrôle du niveau d'empoussiérage permettent de réduire la fréquence ou la gravité des incendies/explosions de poussière. L'utilisation d'une ou de plusieurs d'entre elles ne permet pas d'éviter l'installation d'une protection contre les incendies et les explosions. Dans tous les cas, une évaluation approfondie des risques d'incendie et d'explosion doit être réalisée.

2.5.1.1 Dans la mesure du possible, effectuer un nettoyage préalable du matériau combustible afin de réduire la quantité de particules fines (dont la taille est inférieure à 75 microns) présentes dans ce matériau et/ou dans l'équipement de production.

2.5.1.2 Choisir des procédés de traitement et de transport des poussières limitant la production de particules fines.

2.5.1.3 Si un système d'élimination à brouillard liquide (eau ou autre liquide compatible) est utilisé pour réduire l'émission de poussière en suspension générée par le transfert de matériaux solides sur un convoyeur, procéder de la manière suivante :

A. Utiliser un liquide d'élimination qui ne peut pas brûler. Si aucun produit de ce type n'est disponible, utiliser un liquide qui peut brûler dont le point éclair en coupelle fermée minimal est supérieur ou égal à 212 °C.

B. Appliquer le liquide d'élimination aussi près que possible de la surface du matériau solide.

C. Utiliser la pression la plus basse possible pour pulvériser ce produit afin d'éviter la formation d'une brume liquide dans l'air autour de la zone d'application.

D. Asservir le système de convoyage de matériaux solides et celui de pulvérisation du liquide d'élimination afin de les arrêter dans les cas suivants :

1. Le convoyeur s'immobilise.
2. Le système de pulvérisation du liquide d'élimination s'arrête.
3. Une explosion ou un incendie est détecté.

E. Appliquer le liquide à un point du processus impliquant des turbulences importantes (au niveau d'un bec verseur de décharge, par exemple) pour vous assurer que le produit d'élimination est bien mélangé au flux de matériau.

F. Ne pas appliquer d'huile ou d'autre liquide d'élimination dans les équipements, car cela pourrait entraîner le patinage des bandes en caoutchouc et un risque d'échauffement par friction.

2.5.1.4 Lors du chargement des appareils/équipements contenant des poudres combustibles et des liquides qui peuvent brûler manipulés à une température supérieure ou égale à leur point éclair en coupelle fermée, procéder de la façon suivante :

A. Éviter de charger simultanément les poudres et les liquides dans l'équipement.

B. Organiser les opérations de chargement des liquides conformément à la fiche technique de prévention des sinistres 7-32 de FM, *Utilisation des liquides qui peuvent brûler*. Employer un tube plongeur pour remplir l'appareil/équipement depuis le fond.

C. Organiser les opérations de chargement de poussière de manière à limiter la dispersion de poussière en dehors de l'ouverture de l'équipement en utilisant des convoyeurs à vis ou des tuyauteries fermées raccordées aux réservoirs de chargement des matériaux solides.

D. Si de la poussière peut s'échapper de l'ouverture de l'équipement, installer des points de collecte de poussière permanents à proximité immédiate de cette dernière.

E. Vérifier que tous les équipements, notamment les appareils et les canalisations/gaines de transfert, sont correctement mis à la terre et en liaison équipotentielle.

F. Si l'énergie minimale d'inflammation (EMI) de la poussière est inférieure ou égale à 10 mJ, installer un dispositif de gestion de la mise à la terre afin de confirmer que tous les éléments conducteurs sont correctement mis à la terre avant d'autoriser l'introduction de ce type de poussière.

2.5.2 Systèmes de collecte de poussière

2.5.2.1 Interdire le recyclage de l'air s'échappant d'un système de collecte de poussière dans les bâtiments ou les locaux, sauf si le point « A » OU tous les points « B » à « H » s'appliquent :

A. la gaine de reprise devrait refouler dans une zone ne contenant aucun des éléments suivants : poussière en suspension, équipement ou stockage combustible, construction combustible, équipement de grande valeur ou essentiel à la production ; **OU**

B. un filtre devrait être installé en aval des séparateurs d'air et de matières pour empêcher le retour de poussières dans le bâtiment ou le local avec une efficacité minimale de 99,9 % à 10 microns ; **ET**

C. un dispositif de mesure de la chute de pression devrait être installé dans le filtre avec une alarme pour indiquer que ce dernier doit être nettoyé ou remplacé ; **ET**

D. le filtre devrait être soutenu à l'aide d'un tamis métallique ou d'une autre méthode lui permettant de résister à une pression égale ou supérieure à celle de l'événement d'explosion (P_{red}) de l'équipement directement en amont de celui-ci ; **ET**

E. une protection incendie (voir la fiche technique 7-78 relative aux gaines) et un dispositif d'isolement d'explosion devraient être installés entre le bâtiment et le dernier collecteur de poussière du système (le plus éloigné en aval) ; **ET**

F. lors de l'activation du système d'isolement d'explosion, un dispositif d'arrêt automatique contrôlé de tous les équipements de collecte de poussière qui y sont raccordés devrait être installé ; **ET**

G. les vapeurs, les gaz ou les mélanges hybrides inflammables ne sont pas impliqués ; **ET**

H. le système de collecte de poussière est conforme aux exigences de protection des autres sections de cette fiche technique.

2.5.2.2 Dimensionner le système de collecte de poussière en fonction du flux de matériaux maximal prévu.

2.5.2.3 Veiller à ce que le débit d'air (vitesse de l'air) soit supérieur à la vitesse de dépôt du matériau transporté. Cette mesure empêchera l'accumulation de poussière dans l'équipement ou les gaines. Si la vitesse de décantation d'un matériau est inconnue, consulter la fiche technique 7-78 pour connaître les recommandations relatives à la vitesse de transport.

2.5.2.4 Installer des dispositifs d'asservissement pour empêcher le fonctionnement des procédés générant de la poussière lorsque le système de collecte de poussière est arrêté.

2.5.2.4.1 Configurer les élévateurs à godets pour transfert vertical de sorte que les bandes et godets soient vidés lors de l'arrêt du procédé.

2.5.2.5 Configurer le système de collecte de poussière pour empêcher l'apparition d'une atmosphère continue et explosive dans la gaine à l'aide des méthodes suivantes :

A. Lorsque les taux de génération de poussière sont variables, maintenir la poussière en dessous d'une concentration moyenne de 25 % de la concentration minimale d'explosion (CME). Limiter toujours les taux d'émission de poussière de pointe au-dessus de 100 % de la CME pendant seulement quelques secondes à tout moment.

B. Lorsque les taux d'émission de poussière sont constants et sans pics importants, maintenir la concentration de poussière à 90 % de la CME au maximum.

2.5.2.6 Pour les poussières métalliques non alcalines, utiliser des collecteurs de poussière à voie humide.

2.5.3 Fabrication additive (impression 3D)

2.5.3.1 Appliquer des mesures de sécurité de base relatives à la manipulation et au stockage des poudres métalliques combustibles conformément à ce document et à la fiche technique 7-85.

2.5.3.2 Installer l'équipement de fabrication additive produisant des pièces métalliques dans des zones séparées des sites de fabrication ou de stockage par un espace dégagé, des murs ou dans un bâtiment séparé.

2.5.3.3 Utiliser des conteneurs conducteurs métalliques fermés pour stocker, manipuler et transporter les poudres métalliques.

2.5.3.4 Créer une atmosphère inerte dans les imprimantes de fabrication additive et les collecteurs de poussière correspondants. Concevoir et installer le système d'extinction à gaz inerte comme suit :

A. Consulter les fiches techniques 7-59 et 7-85 afin de déterminer le gaz inerte approprié à utiliser en fonction des types de poudres métalliques imprimées.

B. Utiliser un système d'inertage continu automatique agréé FM pour surveiller le niveau d'oxygène dans l'équipement et installer un dispositif d'asservissement aux fins suivantes :

1. empêcher le fonctionnement de l'équipement jusqu'à la génération de l'atmosphère inerte requise ;
2. arrêter les opérations d'impression si l'atmosphère inerte est compromise.

C. Proposer un facteur de sécurité pour les caractéristiques de la concentration limite en oxygène (CLO) selon les critères suivants :

1. Lorsque la CLO est supérieure ou égale à 5 %, définir le seuil d'oxygène à 2 % en volume en dessous de la CLO la plus défavorable.
2. Lorsqu'elle est inférieure à 5 %, définir le seuil d'oxygène à 60 % de la CLO.

Ne pas exposer la poussière métallique collectée à l'air. Maintenir l'atmosphère inerte autour du dispositif de collecte jusqu'à ce que la poussière métallique puisse être passivée à l'aide d'un liquide acceptable.

2.5.3.5 Traiter le produit fini (collecte) de manière à réduire ou contrôler l'émission des poudres entraînées, de la façon suivante :

A. Vérifier que les opérateurs sont correctement reliés à la terre avant d'ouvrir l'enceinte d'impression.

B. Nettoyer l'excédent de poussière du produit dans une enceinte ou une hotte correctement aérée, à l'aide d'un système de collecte de poussière adapté.

2.5.3.6 Pour nettoyer l'excédent de poudre, utiliser des aspirateurs portables respectant les critères suivants :

A. modèles agréés par une agence tierce fiable (laboratoire d'essai reconnu, par exemple) ;

B. modèles agréés, au minimum, pour une utilisation dans une zone de classe II, de division 2 ou de zone 22.

C. modèles agréés pour une utilisation dans une zone de classe II, de division 1 ou de zone 20 s'ils sont employés dans des enceintes contenant de la poussière combustible collectée.

2.5.4 Dispositifs à clapet rotatif

2.5.4.1 Installer des dispositifs à clapet rotatif (figure 2.5.4.1-1) comme suit :

- A. Vérifier que l'angle des aubes et la forme de l'habitacle permettent à deux aubes d'être engagées dans le passage, de chaque côté, en permanence.
- B. Vérifier que les aubes (y compris les pointes) sont en métal et que leur épaisseur est d'au moins 3 mm.
- C. Vérifier que l'espace entre les pointes des aubes et le carter se situe entre 0,2 mm et 0,25 mm. Il doit être inférieur ou égal à 0,1 mm pour la poussière d'aluminium.
- D. Asservir l'écluse rotative pour qu'elle s'arrête automatiquement en cas d'explosion, afin d'éviter le passage de matières en feu. Un dispositif d'asservissement n'est pas nécessaire si la matière en feu ne provoque pas un second incendie ou une explosion.

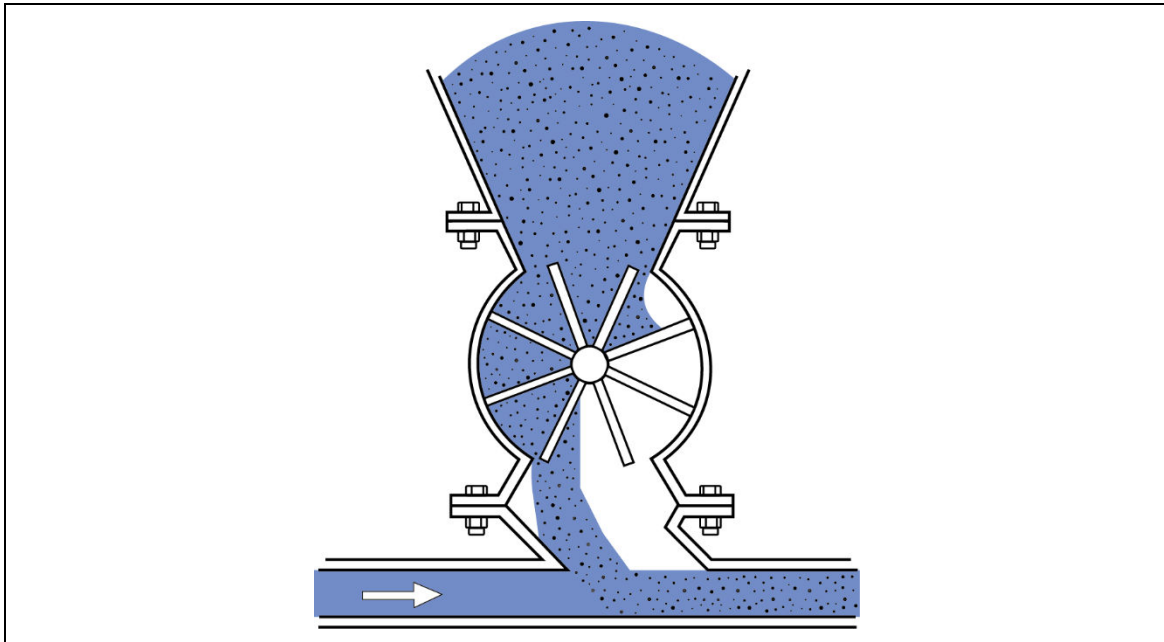


Figure 2.5.4.1-1. Clapet rotatif

2.6 Exploitation et maintenance

2.6.1 Établir et appliquer régulièrement un programme d'identification et d'élimination des sources de poussière en suspension. Ce programme devrait inclure la fréquence des inspections, identifier les points d'émission et prévoir un suivi des modifications ou réparations nécessaires jusqu'à son achèvement.

2.6.2 Établir et mettre en œuvre un programme d'inspection, d'essai et de maintenance pour tous types de dispositifs anti-explosion. Attribuer des responsabilités et consigner avec précision toutes les opérations d'inspection, d'essai et de maintenance.

2.6.2.1 Inspecter les dispositifs anti-explosion conformément au tableau 2.6.2.1-1.

Tableau 2.6.2.1-1. Fréquences d'inspection des dispositifs anti-explosion

Dispositifs anti-explosion	Fréquence d'inspection ^{Remarque 1}			Remarques
	Une fois par mois	Une fois par trimestre	Une fois par an	
Événements d'explosion			x	
Systèmes de détection des étincelles	x			Réaliser des essais complets conformément aux instructions du fabricant
Systèmes d'extinction d'étincelles	x			Réaliser des essais complets conformément aux instructions du fabricant
Dispositifs d'isolement d'explosion	x			Réaliser des essais complets conformément aux instructions du fabricant
Équipements de détection et d'extraction des métaux (ferreux et non ferreux)		x		
Systèmes de suppression d'explosion	Les opérations d'inspection, d'essai et de maintenance devraient être conformes aux indications de la fiche technique 7-17.			
Alignement des bandes et des éléments rotatifs		x		

Remarque 1. Les valeurs indiquées correspondent aux fréquences d'inspection minimales recommandées. Selon le procédé protégé, des inspections plus fréquentes peuvent être nécessaires pour garantir le bon fonctionnement du système.

2.6.2.2 Lors des inspections des événements d'explosion, vérifier leur bon état général et leur mobilité.

Les dégradations possibles sont les suivantes :

- A. corrosion ;
- B. peinture inappropriée de pièces mobiles ou d'événements d'explosion ;
- C. givrage ;
- D. accumulation de neige sur ou devant les événements ;
- E. obstacles créés par des canalisations, des câbles ou d'autres utilités ;
- F. présence d'équipements permanents ou provisoires à côté des événements.

2.6.3 Éliminer la poussière accumulée sur les paliers et les composants d'équipements rotatifs au moins une fois par trimestre.

2.6.4 Lubrifier les paliers et les équipements rotatifs (ventilateurs, souffleries, équipement de réduction granulométrique) conformément aux directives du fabricant au moins une fois par trimestre.

2.6.5 Lorsque des systèmes d'élimination par pulvérisation (systèmes d'extinction à eau/huile pulvérisée pour le traitement des grains en vrac, par exemple) sont utilisés, établir un programme d'entretien et d'inspection afin de garantir leur bon fonctionnement pour tous les systèmes de traitement des grains.

2.6.6 Inspecter et entretenir tous les dispositifs d'asservissement conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 7-45 de FM, *Safety Controls, Alarms and Interlocks (SCAI)*.

2.6.7 Entretenir les équipements antidéflagrants agréés pour une utilisation dans des zones contenant de la poussière combustible conformément aux recommandations de la fiche technique de prévention des sinistres 5-1 de FM, *Electrical Equipment in Hazardous (Classified) Locations*.

2.7 Formation

2.7.1 Créer un programme de formation pour tout le personnel (y compris les opérateurs, les responsables de l'équipe d'intervention d'urgence, les sous-traitants et le personnel de sécurité) qui travaille ou a accès à des zones contenant ou traitant des poussières combustibles. Concevoir et superviser le programme de formation en fonction de la complexité des procédés et du niveau de risque d'un site. Inclure au minimum les éléments suivants dans le programme :

- A. Les risques liés aux matériaux utilisés.
- B. Les sources d'ignition courantes pour les poussières combustibles.

- C. Les procédures de mise en marche et d'arrêt des équipements en situation normale et en situation d'urgence. Afficher les procédures stratégiques, si nécessaire.
- D. Les procédures d'utilisation du matériel (dispositifs de mise à la terre et d'équipotentialité, classements des équipements électriques, manutention, etc.).
- E. Les procédures de fonctionnement et de coupure des systèmes de collecte de poussières combustibles. Ces procédures devraient notamment préciser l'emplacement de tous les dispositifs d'arrêt (à manœuvrer localement ou à distance) des systèmes de transport.
- F. Les procédures de transfert des poussières combustibles adéquates.
- G. Les équipements de protection anti-explosion liés aux poussières combustibles à leur emplacement et sur l'ensemble du site. Points à traiter (selon les cas) :
- événements d'explosion ;
 - systèmes d'événement avec arrête-flamme ;
 - amortisseurs de souffle ;
 - vannes guillotine ;
 - vannes (guillotine et à flotteur, par exemple) ;
 - systèmes de suppression ;
 - dispositifs de confinement d'explosion ;
 - systèmes d'inertage ;
 - systèmes à vide poussé.
- H. Les méthodes de contrôle du niveau de poussières combustibles, notamment les systèmes de suppression et d'extinction d'étincelles, les systèmes d'extinction à eau/huile pulvérisée et leurs emplacements.
- I. Les méthodes, équipements et procédures acceptables pour le dépoussiérage et la tenue des locaux. Inclure les niveaux de déclenchement du dépoussiérage (couche de poussière en suspension dépassant 1,6 mm, par exemple).
- J. L'emplacement des systèmes de protection incendie pour les feux de poussières combustibles.
- K. L'emplacement des systèmes de séparation des matériaux (ferreux et non ferreux).
- L. L'emplacement, le type adéquat et l'utilisation correcte des extincteurs en fonction du risque existant.

2.7.2 Assurer la formation de tous les nouveaux collaborateurs et prévoir des programmes de remise à niveau, selon les besoins, pour le personnel en place.

2.8. Facteur humain

2.8.1 Établir et mettre en œuvre un programme de sécurité des procédés conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 7-43 de FM, *Process Safety*, adapté aux risques liés aux poussières combustibles.

2.8.1.1 Inclure au minimum les éléments suivants dans un programme de sécurité des procédés pour les poussières combustibles :

- A. identification de tous les procédés impliquant des poussières combustibles, notamment de leurs propriétés, comme indiqué à la section 2.1.2.1.1 ;
- B. analyse des risques liés aux procédés documentée couvrant tous les procédés générant de la poussière ;
- C. procédure de gestion des changements apportés aux procédés, aux équipements, aux formules, etc. ;
- D. programme de gestion de l'intégrité des équipements contenant et produisant des poussières combustibles et utilisés pour les transférer, les stocker ou les manipuler ;
- E. système d'enquête sur les incidents impliquant des poussières combustibles.

2.8.1.2 Si un document relatif à la protection anti-explosion ou similaire est nécessaire, l'intégrer au programme de gestion de la sécurité des procédés.

2.8.2 Mettre en place un programme écrit de contrôle du niveau d'empoussiérage dans les installations et les zones présentant des risques d'explosion de poussière combustible et le revoir chaque année au minimum.

2.8.3 Mettre en œuvre un programme de déblaiement de la neige et de la glace pour tous les événements d'explosion exposés à des risques de neige ou de gel. Une autre solution consisterait à utiliser un système de traçage thermique conformément aux recommandations de cette fiche technique.

2.9 Plan de secours des équipements

2.9.1 Plan équipements

2.9.1.1 Rédiger et tenir à jour un plan de secours des équipements de collecte de poussière adéquat, couvrant les cas où une panne des systèmes de collecte de poussière provoquerait un arrêt imprévu des procédés et systèmes du site jugés essentiels à la continuité des activités, conformément aux recommandations de la fiche technique de prévention des sinistres 9-0 de FM, *Intégrité des équipements*. Une explosion canalisée/maîtrisée avec succès est considérée comme un arrêt imprévu.

Ces informations incluent la procédure d'élaboration et d'actualisation d'un plan de secours des équipements adéquat, ainsi que les recommandations relatives aux stratégies de réduction des risques liées aux équipements redondants, de gestion des pièces de rechange et de location.

2.9.2 Pièces de rechange

La disponibilité de pièces de rechange peut être une stratégie de réduction de l'interruption d'activité causée par une panne des systèmes de collecte de poussière en fonction du type, de la compatibilité, de la disponibilité, de l'aptitude à l'utilisation prévue et de la viabilité des pièces de rechange.

Les pièces de rechange courantes pour les équipements de collecte de poussière sont considérées comme des consommables. Destinées à être utilisées dans des conditions normales d'exploitation lorsque les systèmes de collecte de poussière sont en service, elles ne sont pas censées réduire la durée d'arrêt des équipements en cas de panne. Cela vaut pour les pièces de rechange recommandées par le fabricant.

2.9.2.1 Pour des informations d'ordre général sur les pièces de rechange, consulter la fiche technique 9-0.

2.10 Maîtrise des sources d'ignition

2.10.1 Général

2.10.1.1 Établir et utiliser une procédure de gestion pour tous les travaux par point chaud (voir la fiche technique de prévention des sinistres 10-3 de FM, *Gestion des travaux par point chaud*).

2.10.1.2 Interdire de fumer ou d'utiliser des flammes nues.

2.10.1.3 Ne pas utiliser d'aérothermes présentant des surfaces exposées où la température est supérieure à 171 °C.

2.10.1.4 Installer des séparateurs magnétiques dans les zones suivantes :

A. en amont de tous les équipements de réduction granulométrique (broyeurs, pulvérisateurs, équipements de broyage ou de meulage, ou autres équipements en contact mécanique avec le matériau de traitement) ;

B. au niveau des trémies des véhicules et camions-bennes et des convoyeurs correspondants avant l'introduction des matériaux sur le site/dans le procédé ;

C. au niveau des autres points de transition d'entrée via lesquels les matériaux sont introduits sur le site/dans un procédé depuis des zones extérieures au site/procédé.

2.10.1.5 Installer des séparateurs autres que magnétiques (séparateurs d'air, grilles, tamis grossiers, etc.) si du métal non ferreux ou d'autres objets (des pierres, par exemple) peuvent pénétrer dans le flux de produits et provoquer un risque d'inflammation.

2.10.1.6 Dans les bâtiments abritant des activités de chargement/déchargement de wagons et de camions, ne pas utiliser de locomotives ou d'autres véhicules susceptibles d'enflammer un nuage de poussière présent dans ces zones.

2.10.1.7 Dans les installations abritant des poussières combustibles, utiliser des véhicules (chariots élévateurs ou chargeurs frontaux, par exemple) conçus pour ce type d'utilisation conformément aux recommandations de la fiche technique de prévention des sinistres 7-39 de FM, *Lift Trucks*.

2.10.2 Équipements électriques antidéflagrants des zones à risque

2.10.2.1 Dans les zones/équipements abritant ou susceptibles d'abriter des poussières combustibles en cas de dysfonctionnement au niveau des procédés, installer des équipements électriques de classe II ou III, division 1 ou 2, ou zone 20, 21 ou 22, conformément aux recommandations du code électrique en vigueur ou de la fiche technique 5-1.

2.10.3 Électricité statique

2.10.3.1 Équiper les composants métalliques de dispositifs de mise à la terre et d'équipotentialité conformément aux indications de la fiche technique de prévention des sinistres 5-8 de FM, *Static Electricity*. Vérifier que la résistance de la connexion de mise à la terre est inférieure à 1×10^6 ohms.

2.10.3.2 Prévoir une connexion de mise à la terre fiable pour les enveloppes des manches (supports métalliques) des filtres à manche.

2.10.3.3 Prévoir des connexions de mise à la terre fiables similaires à celles du point 2.10.3.2 pour les cages métalliques des systèmes papier/bac de récupération. L'utilisation de manches « conductrices » spéciales pour dissiper les charges électriques statiques n'est pas nécessaire.

2.10.3.4 En cas d'utilisation d'un convoyeur ou de courroies pour le transport des matériaux, choisir des courroies conductrices ou équipées de systèmes d'élimination d'électricité statique conformément à la fiche technique 5-8.

2.10.3.5 Les canalisations et/ou gaines métalliques utilisées pour transférer des poussières ou poudres combustibles devraient être correctement mises à la terre et en liaison équipotentielle.

2.10.3.6 Lorsque des canalisations ou gaines en plastique sont utilisées pour transférer des matériaux, équiper les composants conducteurs ou métalliques de ces réseaux de canalisations (raccordements aux canalisations métalliques, brides métalliques, etc.) de dispositifs de mise à la terre et d'équipotentialité.

2.10.3.7 Mettre à la terre et en liaison équipotentielle tous les équipements de traitement des poudres combustibles fines pour réduire le risque d'inflammation statique. Prévoir l'utilisation de dispositifs de mise à la terre et d'équipotentialité pour le personnel si la manutention des poudres et/ou des composants l'expose au risque d'inflammation statique.

2.10.3.8 Lorsque des réseaux de canalisations sont utilisés pour transférer des poudres, contrôler l'accumulation d'électricité statique avec des dispositifs de mise à la terre et d'équipotentialité présentant une résistance maximale de 1 mégohm.

2.10.3.9 Vérifier une fois par an la continuité des composants métalliques et la sécurité de toute liaison équipotentielle.

2.10.3.10 Envisager l'une des solutions suivantes pour maîtriser l'électricité statique si le matériau présente une énergie d'inflammation minimale inférieure à 10 mJ :

- A. Faire fonctionner tout équipement présentant un risque d'explosion dans un environnement inerte.
- B. Faire fonctionner à une pression inférieure à 0,1 bara.
- C. Éliminer le mélange inflammable en exploitant les équipements à 50 % maximum de la CME (concentration minimale d'explosion).
- D. Réduire la génération ou l'accumulation de charge due à des changements de procédés tels que la réduction du débit du matériau transféré.
- E. Fournir des systèmes d'élimination ou de neutralisation d'électricité statique. Vérifier qu'ils sont solidement fixés, correctement installés et mis à la terre, maintenus propres et exempts de corps étrangers.

2.10.4 Procédés présentant une fréquence élevée d'explosions de poussière

2.10.4.1 Lorsqu'un procédé ou système présente une fréquence élevée d'explosions de poussière, appliquer les méthodes suivantes :

- A. faire fonctionner l'équipement à l'origine d'étincelles ou de particules chaudes/incandescentes dans une atmosphère inerte ; OU
- B. installer un système de détection des étincelles couplé à un système d'extinction des étincelles ou à une vanne guillotine à fermeture rapide conformément à la section 2.10.4.2.

Pour connaître la définition d'un procédé présentant une fréquence élevée d'explosions de poussière, voir la section 3.6.

2.10.4.2 Si nécessaire, installer un système de détection infrarouge à grande vitesse configuré pour les opérations suivantes :

- A. déclencher un système d'extinction d'étincelles **ET/OU** actionner une vanne guillotine à fermeture rapide dans la gaine située entre le procédé et le collecteur ;
- B. placer le système d'extinction d'étincelles ou la vanne guillotine à fermeture rapide en amont du premier équipement présentant un risque d'explosion ;
- C. arrêter le transfert du matériau à l'extérieur du collecteur (vannes rotatives, par exemple), sauf s'il peut être dirigé vers un lieu sûr.

Le recours aux méthodes de contrôle des étincelles mentionnées ci-dessus n'exclut pas la nécessité de systèmes de réduction des risques d'explosion.

2.10.5 Ventilateurs et souffleries

2.10.5.1 Dans les systèmes à pression négative, installer les ventilateurs et les souffleries du côté refoulement (côté propre) du collecteur de poussière.

2.10.5.1.1 Dans les systèmes à pression positive, installer la soufflerie en amont du point d'injection de poussière.

2.10.5.2 Si, pour des raisons de conception, le ventilateur doit se trouver dans le flux d'air sale et la concentration de poussière/flux d'air doit être supérieure à 25 % de la CME, installer les ventilateurs et les souffleries de type A ou B résistants aux étincelles conformément à la norme AMCA 99-0401-86, *Classifications for Spark Resistant Construction*.

2.10.5.3 Les ventilateurs et les souffleries ordinaires peuvent être utilisés dans un flux d'air de poussière comme suit :

- A. Dans un flux de poussière à concentration illimitée si un test a montré que la poussière s'enflamme difficilement.
- B. En amont des filtres à manche et des collecteurs à bac de récupération des systèmes de traitement des poussières de bois si un cyclone (collecteur primaire) est installé en amont du ventilateur.
- C. Si une vanne à fermeture rapide ou un système d'extinction d'étincelles agréé FM est installé entre le ventilateur et un équipement de valeur en aval.

2.10.6 Matériaux soumis à un échauffement spontané.

2.10.6.1 Empêcher l'accumulation de matériau(x) soumis à un échauffement spontané dans les gaines en maintenant une vitesse de transport suffisante et en nettoyant fréquemment les gaines.

2.10.6.2 Dans des conditions normales d'utilisation, ne pas laisser l'humidité entrer en contact avec ce type de matériau(x). Des sprinklers automatiques ou des systèmes d'extinction d'étincelles demeurent nécessaires dans les zones recommandées.

2.10.6.3 Nettoyer les collecteurs de traitement des résidus sujets à un échauffement spontané tous les jours ou selon les besoins afin d'éviter tout risque de surchauffe et d'accumulation de poussière.

2.10.6.4 Ne pas entreposer de matériaux excessivement humides soumis à un échauffement spontané dans des bennes, des silos ou d'autres cuves de stockage pendant de longues périodes.

2.10.6.5 Lorsque le stockage de matériaux sujets à un échauffement spontané est nécessaire, prendre l'une ou l'ensemble des mesures suivantes :

- A. Installer des détecteurs de chaleur dans les bennes et les silos utilisés pour le stockage à long terme.
- B. Maintenir la circulation de l'air dans les équipements pour évacuer la chaleur générée.
- C. Retourner les stocks de matériaux à intervalles réguliers afin d'éviter qu'ils ne dégagent de la chaleur.
- D. Ne pas stocker de matériaux excessivement humides dans des silos ou des bennes.
- E. Gérer ces stocks de matériaux selon la méthode « premier entré, premier sorti ».

2.10.7 Entraînements mécaniques et équipements rotatifs

2.10.7.1 Éviter d'utiliser des entraînements mécaniques à régime ou puissance élevés, car ils peuvent provoquer une inflammation de poussière à cause de la chaleur générée par la friction ou les étincelles.

2.10.7.2 Déterminer le potentiel de conditions à risques en fonction de la vitesse tangentielle (v) des composants rotatifs conformément au tableau 2.10.7.2-1.

Tableau 2.10.7.2-1. Vitesse tangentielle et danger d'ignition

Vitesse tangentielle (v)	Danger d'ignition
v < m/s (1 m/s)	Il n'y a pas de danger d'ignition.
1 < v < 10 m/s	Chaque cas doit être évalué séparément en tenant compte des caractéristiques spécifiques du produit et du matériau, comme l'énergie minimale d'inflammation (EMI) et la taille des particules. Remarque 1
v > 10 m/s	Il existe un danger d'ignition.

Remarque 1. Des valeurs inférieures pour l'énergie minimale d'inflammation et la taille des particules indiquent que les matériaux sont plus sensibles à l'ignition.

Pour convertir la vitesse rpm en vitesse tangentielle, utiliser

$$v = rpm * 2\pi r * \frac{1}{60}$$

où :

- v = longueur (mêmes unités que r) par seconde
- r = longueur de la pièce en rotation, du centre de l'arbre à l'extrémité extérieure

2.10.7.3 Lorsqu'un équipement basse vitesse et haute puissance est utilisé, installer une protection contre le risque d'échauffement non contrôlé en mettant en place une ou plusieurs des solutions suivantes :

- A. des goupilles de cisaillement ;
- B. un système de détection et d'alarme de surcharge ;
- C. un entretien et un nettoyage appropriés ;
- D. des filtres et des séparateurs.

Un échauffement non contrôlé dans ce type d'équipement peut être dû à un temps de séjour excessif, à des accumulations sur les paliers ou à des corps étrangers.

2.10.8 Élévateurs à godets et convoyeurs

2.10.8.1 Équiper les élévateurs, les élévateurs à godets et les convoyeurs entraînés par courroie d'un dispositif d'asservissement mécanique ou électromécanique pour couper l'alimentation du moteur d'entraînement et déclencher une alarme si la bande ralentit de plus de 20 %.

2.10.8.2 Installer des asservissements d'alignement afin de garantir l'arrêt du convoyeur ou de l'élévateur à godets en cas de mauvais alignement.

2.10.8.3 Lors de l'asservissement des convoyeurs, prévoir d'arrêter l'équipement en amont de chaque convoyeur en plus du moteur d'entraînement de ce dernier.

2.10.8.4 Ne pas placer ni exposer les paliers dans l'enveloppe de l'élévateur à godets. Placer les paliers à l'extérieur des enceintes de machines, où ceux ayant surchauffé seront moins exposés aux nuages de poussière et plus accessibles pour les inspections et la maintenance.

2.10.8.5 Utiliser des paliers antifriction sur tous les élévateurs.

2.10.8.6 Assurer l'entretien de tous les paliers conformément aux recommandations du fabricant et les maintenir exempts de poussières, produits et résidus de matériau lubrifiant.

2.10.8.6.1 Dans les activités liées au traitement des grains, les paliers des dernières poulies des élévateurs à godets des convoyeurs devraient être emmanchés ou freinés à l'aide de manchons de serrage coniques.

2.10.8.6.2 Dans les activités liées au traitement des grains, ne pas utiliser de roulements montés en glissement et maintenus en position par une vis de maintien.

2.10.8.7 Ne pas appliquer d'huile ou d'autre liquide d'élimination dans les élévateurs à godets, car cela pourrait entraîner le patinage des bandes en caoutchouc et un risque d'échauffement par friction.

2.10.8.8 Limiter l'utilisation de revêtements combustibles (plastique, caoutchouc ou bois, par exemple) aux points d'impact, sur les surfaces d'usure et sur les trémies raccordées.

2.10.8.9 Installer des courroies d'entraînement (trapézoïdales, de distribution ou plates, par exemple) conductrices à 1 mégohm ou moins, et résistantes au feu et à l'huile.

2.10.8.10 Concevoir la transmission avec un facteur d'entretien de 1,5 pour caler la transmission sans patiner.

2.10.8.11 Installer des courroies sur les élévateurs dont la résistivité en surface est inférieure à 1 074 mégohms par mètre carré (3 x 1 160 ohms par mètre carré) et qui sont résistantes au feu et à l'huile (aucune résistance à l'huile n'est nécessaire dans les moulins à farine).

2.10.8.12 Pour les élévateurs dont la vitesse de la bande dépasse 2,6 m/s, il est possible de surveiller la température des paliers ou de détecter les vibrations.

3.0 BASE DES RECOMMANDATIONS

3.1 Principes fondamentaux d'une explosion de poussière

Une explosion de poussière combustible nécessite la combinaison de cinq éléments. Les trois premiers éléments de ce « pentagone d'explosion de poussière » (voir la liste ci-dessous) sont identiques à ceux du « triangle de feu » et les quatre premiers sont ceux du « carré de feu instantané ». Il s'agit des éléments suivants :

1. combustible ;
2. source d'ignition ;
3. oxygène ;
4. suspension ;
5. confinement.

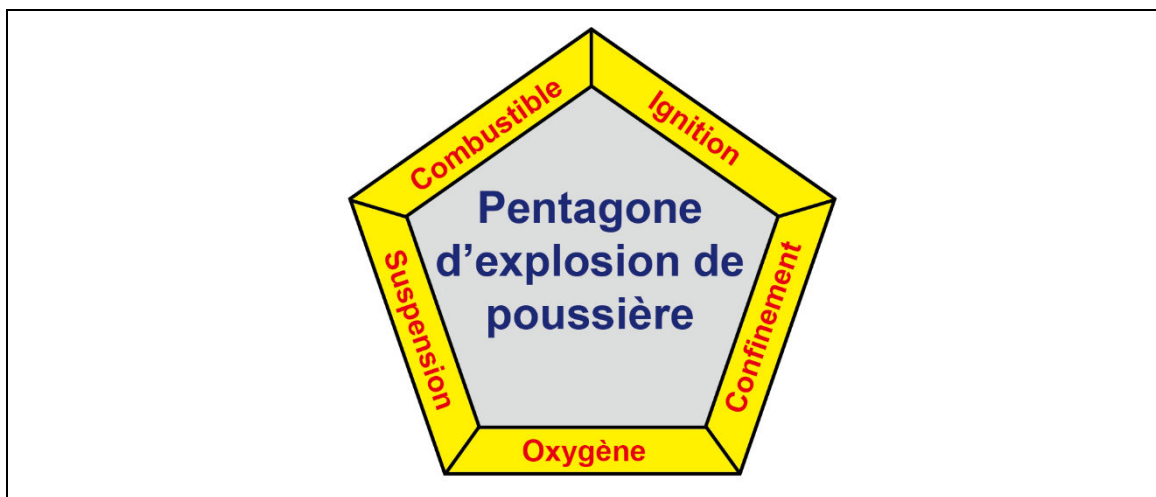


Figure 3.1-1. Pentagone d'explosion de poussière

Les paragraphes suivants fournissent une brève explication de chaque élément impliqué dans les explosions de poussière.

3.1.1 Combustible

Le combustible doit être présent sous forme de poussière. Pour caractériser un échantillon de poussière, la « taille massique moyenne des particules » est généralement utilisée pour quantifier la granulométrie des particules présentes. Si une fraction de matériau plus fin dans l'échantillon peut être isolée, le système se compose alors de deux flux de particules distincts présentant des tailles moyennes spécifiques. Un flux affichant une taille moyenne de particules inférieure à 500 microns devrait être considéré comme explosif jusqu'à ce qu'un test démontre le contraire. Toutefois, une taille de particules de 420 microns a été utilisée comme limite supérieure d'explosivité par le passé. Il convient de noter qu'un échantillon présentant une taille moyenne de particules supérieure à 500 microns pourrait présenter un risque d'explosion s'il était en suspension dans un nuage de poussière.

3.1.2 Source d'ignition

Un matériau sous forme de poussière en suspension dans un nuage nécessite bien moins d'énergie pour s'enflammer que sous sa forme solide ou qu'un tas ou une couche de poussière solide. En règle générale, l'énergie d'inflammation, déterminée par des tests, est inférieure à 30 mJ.

3.1.3 Oxydant

Dans un nuage de poussière, la matière oxydante (l'air, généralement) est étroitement mélangée au combustible, ce qui permet la combustion rapide d'un grand volume de matière et la libération soudaine d'une importante quantité d'énergie.

3.1.4 Suspension

Pour qu'une explosion se produise, la poussière combustible doit être mise en suspension dans l'air, car le taux de combustion d'un matériau est proportionnel à la surface exposée. Dans un tas ou sur une couche de poussière, cette surface est limitée, alors qu'elle est nettement plus importante dans un nuage. Ce phénomène d'accélération de la combustion liée à une surface étendue explique en partie la vitesse de libération d'énergie élevée lors d'une explosion de poussière.

3.1.5 Confinement

L'inflammation d'un petit nuage de poussière dans un vaste espace ouvert n'est pas véritablement une explosion de poussière. Il s'agit plutôt d'un feu instantané, d'un feu de torche ou d'une déflagration. Si les gaz de combustion sont totalement ou partiellement confinés dans un espace clos et si l'expansion de volume engendrée par la combustion n'est pas immédiatement dissipée dans un environnement non

confiné, la pression produite peut entraîner une explosion. La combustion d'un nuage de poussière à l'intérieur d'un appareil, même si celui-ci est équipé d'évents, est considérée comme une explosion.

3.1.6 Propriétés influant sur l'explosivité de la poussière

Les propriétés ayant l'impact le plus significatif sur l'explosivité de la poussière sont les suivantes :

- A. composition chimique du matériau (composition de la poussière) ;
- B. distribution des tailles de particules ;
- C. teneur en eau.

Les propriétés de la poussière concernent uniquement le matériau. Elles ne peuvent pas être utilisées à des fins d'évaluation complète des risques liés à des procédés ou conditions spécifiques. Une détermination exhaustive de l'explosivité nécessite également l'identification des procédés et des conditions auxquelles les matériaux sont soumis.

Les caractéristiques d'explosivité de la poussière dépendent de ses propriétés (taille des particules, teneur en eau et composition chimique). Il est donc important de s'assurer que les anciennes données correspondent réellement aux conditions et matériaux actuels. Conformément aux recommandations de cette fiche technique, en cas de modification d'un procédé ou de la formule d'un matériau, la poussière devrait être à nouveau testée afin de vérifier l'efficacité de la protection anti-explosion. Les poussières difficilement inflammables, pour lesquelles aucun dispositif de réduction des risques d'explosion n'a été installé, devraient être à nouveau testées tous les cinq ans, conformément aux recommandations de la présente fiche technique.

3.1.6.1 Composition chimique du matériau (de la poussière)

La composition chimique d'une poussière est importante. Une connaissance appropriée des procédés est essentielle sur une installation utilisant ou générant de la poussière. Lorsque des mélanges de poussières sont produits sur le site, le personnel devrait posséder des connaissances ou avoir accès à des informations sur les matières premières entrant dans la composition de ce mélange et de l'assemblage final obtenu (un mélange de poussières présent dans un collecteur ou produit dans le cadre d'un procédé, par exemple). Ces informations devraient également être disponibles dans la fiche de sécurité du matériau et/ou des différents composants. La connaissance de la composition d'un matériau (ou d'un mélange) aide à identifier un risque d'incendie et/ou d'explosion.

3.1.6.2 Taille des particules

Un site où de la poussière est présente ne dispose que rarement des données de distribution des tailles de particules, sauf s'il abrite un laboratoire d'analyse. Pour une évaluation approximative de la taille moyenne des particules, voir le tableau comparatif 3.1.6.2-1.

Tableau 3.1.6.2-1. Comparaison des tailles de particules

Matériau	Pourcentage inférieur à 75 µm	Taille moyenne d'une particule en µm
Sucre cristallisé	0	400
Farine de blé	60	60
Sucre glace	92	< 45

Les trois photos ci-dessous (figure 3.1.6.2-1) sont des agrandissements de sel de table, de sucre cristallisé et de farine de blé. La taille des particules de sel est principalement comprise entre 250 et 500 microns (taille moyenne de 375 microns). La taille des particules de sucre est principalement comprise entre 250 et 500 microns (taille moyenne de 400 microns). Enfin, la taille des particules de farine est quasiment toujours inférieure à 125 microns (taille moyenne d'environ 60 microns).

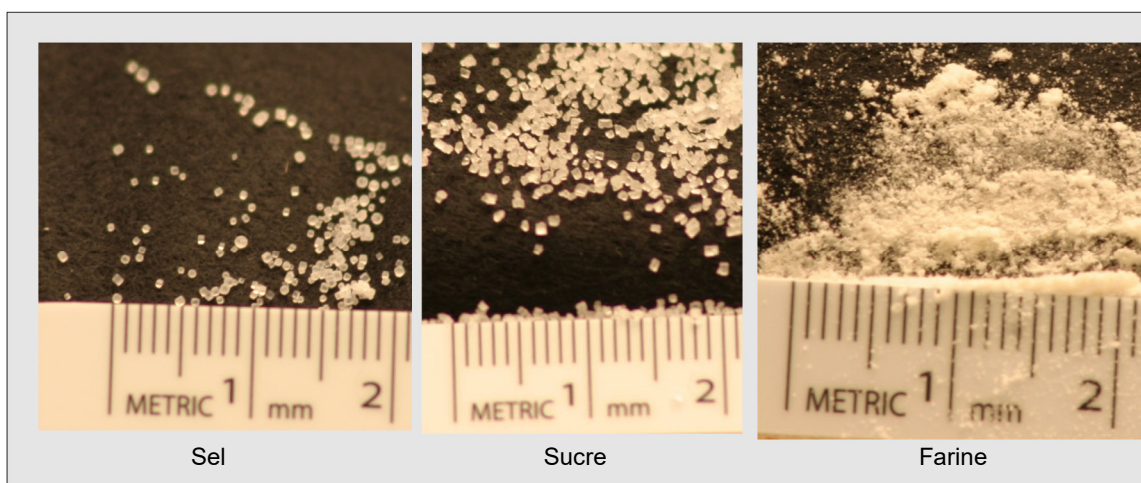


Figure 3.1.6.2-1. Taille des particules

Si la taille des particules d'un matériau n'est pas disponible, elle peut être déterminée via une analyse par tamisage de ce dernier.

La taille moyenne d'une particule et le pourcentage de matériau de taille inférieure à 75 microns sont des informations très importantes. La taille moyenne d'une particule est la meilleure représentation d'un échantillon. Le pourcentage de matériau de taille inférieure à 75 microns est essentiel, car les matériaux les plus fins d'un échantillon ont généralement une incidence considérable sur son explosivité.

3.1.6.3 Teneur en eau

La teneur en eau a habituellement peu d'effet sur l'explosivité de la poussière tant qu'elle est inférieure à un seuil compris entre 10 et 15 %. Si elle ne peut pas être déterminée sur le terrain, l'échantillon peut être transmis pour analyse. En règle générale, les poussières dont la teneur en eau est supérieure à 30 % sont considérées comme « humides ».

3.1.7 Fibres, particules volantes et particules fines

Les poussières sont traditionnellement définies comme de petites matières finement broyées présentant une taille de particules inférieure à 500 microns et capables de passer au travers d'un tamis en maille n° 35 (norme américaine). En raison de leur longueur beaucoup plus importante que leur diamètre, les fibres et les particules volantes ne peuvent pas passer au travers d'un tamis en maille n° 35. Malgré une taille de particules supérieure à 500 microns, ces matières peuvent présenter un risque d'explosion et/ou d'incendie si elles sont présentes en suspension et en quantité suffisante.

3.1.8 DustCalc

DustCalc est un logiciel qui a été développé par FM pour vérifier la surface d'évent d'explosion et prévoir les effets d'une explosion en fonction des spécificités d'une situation particulière. Cette fiche technique n'inclut pas d'équations pour le dimensionnement des événements d'explosion ni de résultats de test de la poussière pour caractériser les matériaux précédemment testés.

Disponible dans tous les bureaux FM du monde entier, ce logiciel est limité au personnel familier avec sa conception et son utilisation. FM encourage ses assurés à travailler avec son personnel formé à l'utilisation de DustCalc.

Les variables ayant un impact sur les effets d'une explosion sont les suivantes :

- volume de l'appareil/du local (V) ;
- Constante d'explosivité de la poussière (K_{st}) et pression maximale d'explosion sans événements (P_{max})
- Surface d'évent d'explosion (A_v)

- Pression d'ouverture de l'évent (P_{stat})
- Masse et orientation de l'évent d'explosion réalisé avec des panneaux
- Longueur de la gaine de l'évent d'explosion (L_d) et de la surface d'évent (A_d), le cas échéant
- Fraction du volume de l'équipement contenant un mélange explosif
- Pression de l'équipement avant explosion (P_o)

3.2 Activité

3.2.1 Tenue des locaux

L'accumulation de poussière combustible à l'extérieur d'un équipement (poussière fugitive) crée un risque d'explosion. Comme indiqué à la section 2.0 de cette fiche technique, la suppression de la source d'émission de poussière fugitive devrait être prioritaire, tout comme l'élimination ultérieure d'accumulation de poussière fugitive, le cas échéant. Les constructions anti-explosion et les distances de séparation sont des solutions envisageables pour les zones sujettes à des émissions incontrôlables de poussière.

En principe, une couche de poussière de 1,6 mm doit engendrer un nettoyage dans ces zones (voir la section 2.3.1). Cette quantité correspond à l'épaisseur d'une pièce américaine de 25 cents, soit l'équivalent d'une poussière de bois d'une densité apparente d'environ 580 kg/m³.

Lorsque des poussières de densité différente sont utilisées, l'épaisseur de la masse équivalente de 1,6 mm de poussière de bois est inversement proportionnelle à la densité. Par exemple, une couche d'environ 1 mm d'épaisseur en serait l'équivalent pour une poussière d'une densité d'environ 950 kg/m³.

Épaisseur équivalente = $1,6 \text{ mm} \times (580 \text{ kg/m}^3 / 950 \text{ kg/m}^3) = 0,97 \text{ mm}$ (résultat arrondi à environ 1 mm d'épaisseur).

Pour référence, le tableau 3.2.1-1 regroupe les données relatives à la densité apparente de poussière type.

Tableau 3.2.1-1. Densité de poussière en vrac type

Matériau	lb/ft ³	kg/m ³
Charbon, bitumineux, inférieur à 420 microns	50	800
Farine, blé	35-40	560-640
Amidon	25-50	400-800
Soufre en poudre	50-60	800-960
Farine de bois	16-36	260-580
Source : Perry's Chemical Engineers' Handbook, Eighth Edition (Chemical Engineers Handbook), 2007		

3.3 Protection

3.3.1 Détection

Les détecteurs infrarouges à grande vitesse sont les systèmes les plus adaptés pour la détection des particules de poussières brûlantes ou incandescentes dans une gaine transportant des poussières à grande vitesse. Les vannes guillotine ou les systèmes d'extinction déclenchés par ces détecteurs peuvent empêcher une source d'ignition d'atteindre un filtre à manches ou permettre de maîtriser rapidement et d'éteindre un incendie dans un collecteur avant que les manches ne soient endommagés (voir la fiche technique de prévention des sinistres 5-48 de FM, *Automatic Fire Detection*).

Les capteurs permettant d'activer ces systèmes sont généralement placés dans la gaine le plus près possible du procédé, sauf si un ventilateur est positionné entre ce dernier et le collecteur de poussière à l'intérieur de la gaine. Dans ce cas, les capteurs devraient être installés entre le ventilateur et le collecteur de poussière. Dans les gaines interconnectées, les capteurs sont placés dans la gaine d'extraction principale à proximité du dernier point de raccordement.

3.3.2 Systèmes d'extinction incendie

Les systèmes d'extinction à vapeur, à agent propre et au dioxyde de carbone peuvent venir compléter les systèmes sprinkleur afin de protéger des collecteurs de poussière. Ils sont habituellement dimensionnés pour un noyage total du collecteur de poussière.

En cas d'utilisation de vapeur, le système de filtre peut nécessiter un séchage, réalisable via une aspiration de l'air ambiant par le collecteur.

En règle générale, l'utilisation de dioxyde de carbone et d'agents propres implique d'isoler le collecteur du reste du procédé afin que le système d'extinction puisse maintenir des concentrations en agents efficaces. Les points de fuite potentiels à l'intérieur du collecteur peuvent également avoir un impact sur l'efficacité du produit d'élimination. La poudre sèche n'est pas recommandée comme agent de suppression du feu en raison de son manque d'efficacité probable sur les surfaces verticales (comme les manches dans la partie supérieure du collecteur) et du risque de contamination.

Un détecteur infrarouge à grande vitesse et un système d'extinction d'étincelles agréés FM sont conçus pour éteindre les sources d'ignition potentielles dans la gaine et éviter toute propagation dans le collecteur.

Dans les filtres électrostatiques, les types de protection les plus courants sont la protection sprinkleur automatique et le système d'extinction à eau pulvérisée. Les systèmes d'extinction à vapeur et au dioxyde de carbone sont également considérés comme des dispositifs de protection complémentaires des systèmes sprinkleur/d'extinction à eau pulvérisée. En principe, un détecteur à température fixe placé dans les gaines ou le filtre électrostatique permet de déclencher ces dispositifs.

3.3.3 Collecteurs à voie humide

Des matériaux de construction en plastique sont utilisés dans les collecteurs à voie humide (notamment dans les matériaux et revêtements de remplissage/d'emballage) en raison de leur résistance à la corrosion. Ils constituent le principal risque d'incendie dans les équipements de ce type.

Certaines matières sèches, notamment les poussières métalliques, peuvent s'enflammer spontanément en cas d'accumulation à la base du collecteur (voir la fiche technique 7-85).

3.3.4 Côtés propres et sales des collecteurs de poussière

La distinction entre les côtés propres et sales de l'air n'est pas importante lors de la prise en compte des scénarios d'explosion. Les pressions générées lors d'une explosion rompent fréquemment le système de filtre à mesure que l'explosion se propage sur les côtés propres et sales. En outre, il peut y avoir une rupture du système de filtre avant même une explosion (la rupture d'une manche, par exemple), ce qui permet à la poussière de pénétrer dans le côté propre.

La question de l'emplacement des événements par rapport aux côtés propre et sale est à la fois théorique et pratique. La plupart des tests sont effectués sur une enceinte sans obstacle interne et avec l'événement éloigné de la source d'ignition. Des manches ou autres obstacles peuvent modifier l'explosion et le processus d'événement. Les manches sont généralement défaillantes de façon précoce au cours d'une explosion et ont un effet mineur sur le processus d'événement, mais la plaque tubulaire qui sépare les côtés propres et sales peut constituer un problème plus important. L'équation (section 2.4.3.2.3) spécifiant le nombre minimal d'événements d'explosion nécessaires sur le côté sale est basée sur la présence d'événements d'explosion totalement adéquats pour une explosion côté sale, en partant du principe que les manches ne sont pas endommagées et ne laissent pas les gaz s'échapper par le côté propre du collecteur.

3.3.5 Événements d'explosion des cyclones

Les calculs pour les événements d'explosion d'un cyclone basés sur des proportions de conception types montrent que la sortie de gaz type fournit une surface d'événement d'explosion adéquate pour les poussières dont les valeurs K_{st} peuvent atteindre 80, sur la base des hypothèses suivantes :

1. La résistance à la pression est d'environ 0,3 barg.
2. Le diamètre de la sortie de gaz est égal à la moitié du diamètre d'un cyclone.

Les poussières dont la valeur K_{st} est inférieure à 80 sont généralement plutôt brutes (sciure, farine de maïs, etc.), ont une très faible teneur en matières volatiles (comme le charbon) ou une très faible énergie de combustion (poussière de fer ou plastique renforcé de fibres de verre à forte teneur en fibres inertes, par exemple).

L'adéquation de l'évent d'explosion ne peut pas être présumée si le cyclone comporte une gaine présentant un rapport $L/D > 1$ et s'étendant au-dessus de la sortie de gaz. Comme pour tout équipement équipé d'une gaine sur l'évent d'explosion, des calculs de pression d'explosion sont nécessaires pour quantifier l'effet.

En raison des effets de contre-pression importants produits par les coudes dans les gaines d'évents, toute sortie de gaz fournie avec une gaine de 180 ° (col de cygne) ne possède probablement pas un événement d'explosion adéquat. Si possible, remplacer le col de cygne par un chapeau de pluie sur une sortie de gaz ouverte.

Les proportions types des cyclones incluent un diamètre D , une hauteur de cylindre et une hauteur de cône pour chaque $2 D$ et un diamètre de sortie de gaz de $1/2 D$.

3.3.6 Inertage (flegmatisation)

Rarement utilisée, cette approche pourrait éliminer le risque d'explosion si elle était employée correctement.

Les poussières combustibles et incombustibles doivent être bien mélangées pour créer un produit véritablement sûr et non explosif. Une poussière incombustible (inerte) comprise entre 50 et 75 % du poids total est généralement nécessaire.

Les carbonates, les phosphates, les sels et la poussière de roche font partie des matériaux incombustibles couramment utilisés. Il peut être difficile d'établir la concentration de poudre inerte requise. Le mélange final devrait être testé afin de déterminer son inertie et l'absence de combustibilité.

Une attention particulière doit être portée à l'utilisation de poussières flegmatisées pour s'assurer que le composant incombustible reste en suspension avec le matériau combustible. Il est possible de séparer les matériaux combustibles et incombustibles lorsqu'ils se déposent (dans des bennes ou des silos, par exemple) ou dans des zones de gaines comportant des changements de direction.

3.4 Équipements et procédés

3.4.1 Équipements de collecte de poussière

Les collecteurs de poussière secs et à voie humide font habituellement partie d'un système intégrant des hottes, des gaines et des ventilateurs d'extraction. Ce système peut être utilisé afin de réduire les concentrations de poussières dans les procédés d'un site ou faire partie d'un système de traitement de l'air rejeté dans l'atmosphère visant à respecter les normes ou réglementations en matière de pollution atmosphérique. Le collecteur peut faire partie d'un procédé dans lequel le matériau collecté est un produit ou un sous-produit de valeur.

Les équipements de nettoyage par aspiration sont essentiellement des séparateurs d'air et de matières (collecteurs de poussière). Il peut s'agir d'équipements portables tels que des aspirateurs, ou d'appareils faisant partie d'un système d'aspiration centralisé utilisé pour le nettoyage des surfaces des bâtiments et des équipements d'un site. Dans certains systèmes de ce type, de petits collecteurs de poussière peuvent être présents à l'intérieur d'une zone d'un bâtiment. Ils devraient être inclus dans l'évaluation des risques d'explosion de poussière ou d'incendie du site.

Les filtres à manche séparent la poussière d'une vapeur gazeuse en traitant cette dernière via un filtre en feutre ou en tissu. Une enceinte métallique rectangulaire ou cylindrique formant le corps du collecteur renferme le système de filtre (manche ou enveloppe).

Les filtres à bac de récupération constituent un système alternatif employé dans les collecteurs de poussière et utilisant une cartouche (cage métallique) pour filtrer l'air. Ils diffèrent des manches par plusieurs aspects :

- Le filtre est plissé, ce qui accroît la surface de collecte de poussière par rapport à un filtre à manche de taille équivalente. Le système de filtre peut être en papier, en cellulose, en polyester ou en d'autres matières.

- La maintenance des bacs de récupération est plus simple et les changements de filtre sont plus rapides qu'avec des manches.
- Très efficaces, les filtres à bac de récupération n'entraînent qu'une faible chute de pression. Ils sont donc plus adaptés aux poussières sèches et aux équipements traitant de grandes quantités de particules d'une taille inférieure à un micron.
- Les filtres à bac de récupération ont une durée de vie plus courte que les filtres à manche et se détériorent plus vite.
- Les bacs de récupération ne sont pas adaptés aux températures élevées. Il existe toutefois des systèmes de filtre spécialisés pour les applications de ce type. Les filtres à manche fonctionnent bien dans les collecteurs soumis à des températures élevées, de l'humidité, une forte charge de poussière et/ou des poussières fibreuses.

La poussière est collectée sur le système de filtre (manche ou bac de récupération). Cette couche de poussière est ensuite retirée (nettoyée) du filtre, collectée, puis éliminée du collecteur. Il existe différentes méthodes de nettoyage des filtres :

1. Nettoyage par secouage : généralement utilisé dans les filtres à manche plutôt que dans les bacs de récupération. Des vibrations permettent de déloger la poussière des manches.
2. Inversion de la circulation de l'air : l'air entrant est arrêté pour permettre ce processus de nettoyage consistant en une inversion de la circulation d'air à haute pression dans le système de filtre. S'il est impossible d'arrêter l'air entrant, deux compartiments munis de vannes de dérivation sont nécessaires dans le collecteur.
3. Nettoyage à jet pulsé : utilise de l'air comprimé pour dépoussiérer la surface du système de filtre. Il n'est pas nécessaire d'arrêter l'air entrant. Cette méthode de nettoyage est la plus courante pour les équipements à bac de récupération et la plus agressive. Les impulsions d'air varient entre 0,1 et 0,15 seconde, avec une fréquence entre les impulsions comprise entre 1 et 30 secondes.

Les collecteurs à jet pulsé ou inversé peuvent traiter de l'air avec des concentrations de poussière/d'air plus élevées que dans les unités vibrantes (secouage). Ils sont souvent utilisés pour le traitement de petits volumes d'air ou dans le cadre d'un procédé continu.

Les filtres à manche et à bac de récupération présentent le même risque d'incendie. Ils devraient donc être équipés d'une protection sprinkleur automatique conformément aux recommandations de cette fiche technique.

En règle générale, les collecteurs de poussière sont le moyen le plus économique pour respecter la réglementation locale en matière de pollution atmosphérique. L'air des collecteurs peut être recyclé sur le site afin de réaliser des économies d'énergie.

Les équipements de collecte de poussière peuvent intégrer des systèmes de détection et/ou de surveillance, plus connus sous le nom de dispositifs de surveillance de rupture de manche. En contrôlant le niveau de particules combustibles dans l'équipement, ils permettent de signaler l'imminence d'une défaillance d'un système de filtre. Ces dispositifs d'alerte facilitent les opérations de maintenance et réduisent les émissions de poussières dans l'atmosphère des équipements.

3.4.1.1 Collecteurs de poussière ouverts

Les collecteurs de poussière ouverts refoulent l'air sale à l'intérieur de manches en tissu où la poussière en suspension est collectée et d'où l'air « propre » s'échappe, ce qui augmente le risque d'accumulation de poussière en suspension dans l'atmosphère. L'usage est donc limité aux systèmes utilisés de manière occasionnelle ou irrégulière (voir la figure 3.4.1.1-1.).

Les collecteurs de poussière ouverts ne sont pas conçus pour être utilisés avec la plupart des poussières collectées à partir d'équipements de traitement ou d'autres sources de poussière aérée. La poussière fine bouche rapidement le filtre, ce qui réduit ses performances et peut favoriser l'émission de poussière fugitive dans l'atmosphère.

Étant donné que seule une manche empêche normalement l'émission de poussière combustible, tout ce qui se trouve à moins de 3 m peut être considéré comme une zone de classe II, division 2 (zone 22) nécessitant un équipement électrique antidéflagrant. Une meilleure solution consiste à limiter l'utilisation d'équipements électriques ordinaires dans la zone restreinte.

L'intérieur de la manche peut être considéré comme exposé à un risque potentiel d'explosion de poussière. Cependant, les manches ont tendance à se détériorer rapidement si le nuage contenu s'enflamme, provoquant généralement un feu instantané avec une boule de feu limitée. Aucun événement d'explosion n'est nécessaire ou pratique. De même, la construction ouverte permet aux sprinkleurs en toiture, le cas échéant, de maîtriser un incendie qui pourrait se développer.

3.4.1.2 Filtres (à tambour) à air horizontaux

Les filtres (à tambour) à air horizontaux (voir la figure 3.4.1.2-1) sont conçus pour filtrer les particules du flux d'air et rejeter l'air filtré dans l'atmosphère. Les particules sont collectées sur le système de filtre et éliminées via des buses d'aspiration. Soit ces buses pivotent et le tambour reste fixe, soit les buses sont fixes et le tambour pivote.



Figure 3.4.1.1-1. Collecteur ouvert



Figure 3.4.1.2-1. Filtre à tambour ouvert

Ces filtres peuvent être fermés ou ouverts. S'ils sont fermés, ils présentent les mêmes risques qu'un collecteur de poussière standard et devraient être protégés en conséquence.

Les filtres (à tambour) à air ouverts ne peuvent pas être équipés d'évents en raison de leur construction. Ces filtres présentent les mêmes risques que les collecteurs ouverts. Ils devraient donc être traités et protégés à l'identique.

L'installation de dispositifs d'asservissement permettant d'arrêter ces équipements en cas de coupure de l'alimentation électrique et/ou de perte d'aspiration devrait également être envisagée.

Ces dispositifs ne doivent pas être confondus avec les filtres à tambour rotatif utilisés dans certaines activités afin d'éliminer la poussière ou avec les filtres sous vide à tambour rotatif utilisés dans les opérations de mouture humide.

3.4.2 Matériaux des filtres

Le matériau du filtre utilisé dépend de sa compatibilité avec le matériau collecté et de la température de la vapeur gazeuse à l'entrée. Les températures de fonctionnement maximales des matériaux de filtres couramment utilisés sont indiquées dans le tableau 3.4.2-1. À l'exception de l'acrylique, les températures indiquées concernent les filtres en feutre ou en tissu. Les matériaux de filtres peuvent supporter durant une courte période des températures d'environ 10 % plus élevées que leurs températures de fonctionnement maximales. L'efficacité des modèles en tissu varie en fonction de la couche de matériau collecté, qui agit elle-même comme un filtre. Celle des filtres en feutre repose en grande partie sur le changement de direction du gaz lorsqu'il traverse les mailles de fibres.

Voici les résultats des essais réalisés sur les matériaux de filtres dans les laboratoires de FM :

- A. Les tissus généralement utilisés comme matériaux de filtres dans les filtres à manche, à bac de récupération et à cartouche (papier, polyester, cellulose, polypropylène et coton) sont combustibles.
- B. Les matériaux de filtres combustibles recouverts de poussière incombustible peuvent s'enflammer, et la propagation des flammes à leur surface serait aussi rapide que celle d'une manche propre du même matériau. La trame du tissu s'étend au-dessus de la couche de poussière incombustible, de sorte que le tissu agit comme s'il était « propre ».
- C. Certains matériaux de filtres (coupe-feu ou ignifuge, par exemple) présentent une faible combustibilité. S'ils sont utilisés dans un filtre à manche traitant des poussières incombustibles, ils devraient résister aux sources d'ignition « normales » collectées. Les matériaux testés et considérés comme présentant une faible combustibilité sont les suivants :
1. tissus de fibres de verre recouverts de l'une des combinaisons de matériaux suivantes :

a. finition en silicone et graphite ;

b. finition fluorocarbure ;

c. combinaison des deux finitions ci-dessus.

2. Teflon, marque déposée de DuPont pour la résine fluorocarbure.

Tableau 3.4.2-1. Limites de température de fonctionnement des matériaux de filtres en feutre ou en tissu couramment utilisés

Matériau de filtre	Limite de température de fonctionnement	
Coton	180 °F	(82 °C)
Laine (rarement utilisée)	190 °F	(88 °C)
Polypropylène	200 °F	(93 °C)
Nylon	200 °F	(93 °C)
Polyester	275 °F	(135 °C)
Acrylique (tissu)	275 °F	(135 °C)
Acrylique (feutre)	250 °F	(120 °C)
Nomex	400 °F	(204 °C)
Teflon polytétrafluoroéthylène	425 °F	(220 °C)
Fibres de verre	500 °F	(260 °C)

3.4.3 Manches « conductrices » des collecteurs de poussière

Les manches « conductrices » sont habituellement dotées d'un fil fin tissé ou fixé dans leur tissu. La grille de fils conducteurs est connectée à une ou plusieurs sangles/fils de mise à la terre, qui doivent être fixés à la structure du collecteur de poussière. Étant donné qu'il n'existe aucun mécanisme fiable pour transférer les charges de la surface de la manche non conductrice vers le fil mis à la terre le plus proche, des différences d'énergie potentielle mesurables (et parfois considérables) peuvent exister entre la surface de la manche et les fils.

La nécessité d'une manche spécifique pour empêcher l'inflammation de poussière due à l'électricité statique n'a jamais été établie.

3.4.4 Cyclones

Les cyclones séparent la poussière d'une vapeur gazeuse grâce à la force centrifuge. Ils créent en leur sein un flux en spirale en imprimant un effet centrifuge aux particules de poussière pour les contraindre à se déplacer vers la paroi interne du cyclone. La vapeur gazeuse entraîne les particules vers la partie inférieure du collecteur, et la poussière se sépare de la vapeur gazeuse lorsque le gaz est propulsé vers le haut à la base du collecteur. La poussière peut être déposée dans une trémie, un réservoir à poussière ou un convoyeur à vis à la base du collecteur (voir la figure 3.5.4-1.).

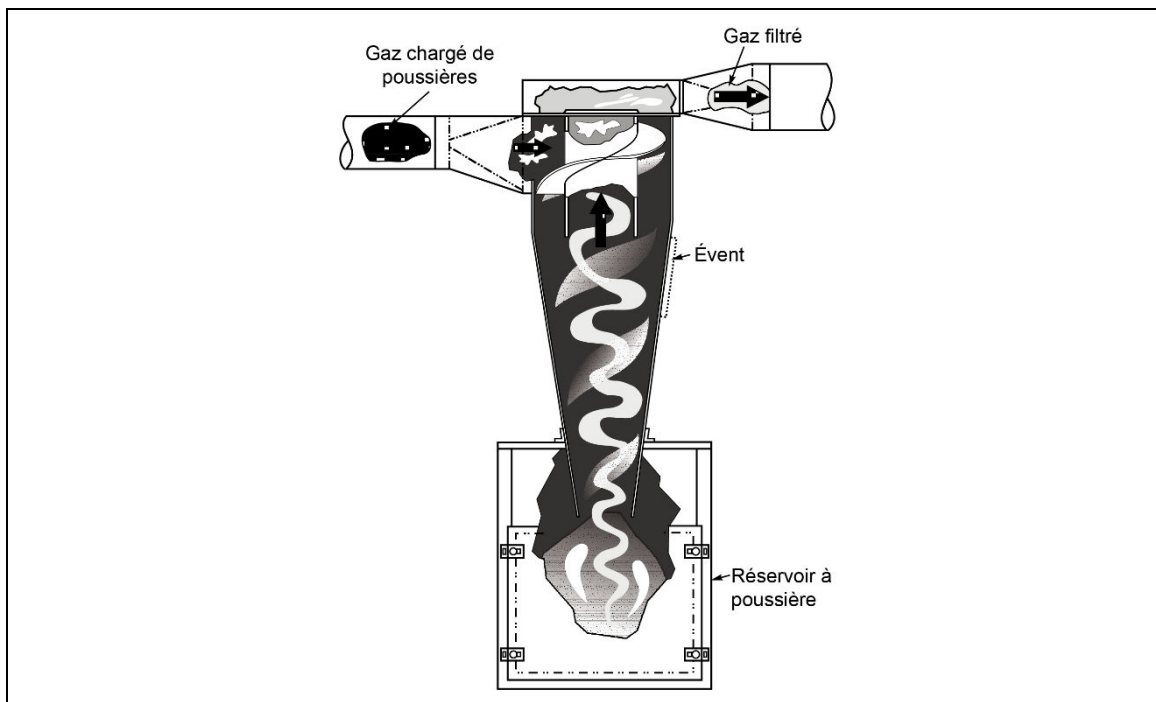


Figure 3.4.4-1. Principe de fonctionnement d'un cyclone

Les cyclones sont couramment utilisés pour collecter les poussières brutes générées lors des activités de menuiserie ou de meulage de métaux, par exemple. Ils peuvent également être employés en tant que filtres grossiers pour réduire la charge de poussière dans les filtres à manche ou électrostatiques.

L'air filtré est rejeté dans l'atmosphère ou vers un autre collecteur plus efficace (un collecteur de poussière, par exemple) pour affiner son traitement.

Les cyclones à haute efficacité se composent de plusieurs cyclones de petit diamètre (généralement inférieur à 250 mm) montés en parallèle avec une trémie et des plenums d'entrée et de sortie standard. Les forces de séparation augmentent avec la vitesse radiale de la particule. Celle-ci augmente à son tour avec le diamètre décroissant du tube du cyclone. L'utilisation de cyclones à haute efficacité permet de se passer d'un traitement de l'air supplémentaire.

3.4.5 Filtres électrostatiques

Les filtres électrostatiques collectent les poussières et les brouillards d'hydrocarbures des vapeurs gazeuses. Ils peuvent être utilisés pour traiter l'air afin de respecter la réglementation en matière de pollution atmosphérique, ou pour filtrer un produit ou un sous-produit.

Ils impriment une charge électrique aux particules d'une vapeur gazeuse afin qu'elles adhèrent aux plaques du collecteur. Ces filtres ne sont pas utilisés lorsque des concentrations explosives de gaz ou de poussières sont présentes dans l'air ou l'oxygène.

Le carter, les surfaces de collecte et les électrodes sont en principe en acier. Toutefois, d'autres matériaux (plastique renforcé de fibres de verre, bois, aluminium, béton ou carreaux en céramique, par exemple) ont également été utilisés pour des applications spéciales. Les grands filtres électrostatiques sont généralement isolés afin d'éviter la formation de condensation et la corrosion qui en résulte sur les surfaces internes.

Selon le matériau recueilli, il est possible d'utiliser la collecte par voie sèche ou humide. Toutefois, la plupart des filtres électrostatiques privilégient la voie sèche.

Les filtres électrostatiques humides sont parfois utilisés pour traiter des poussières recouvertes d'huile qui colleraient aux surfaces de collecte, des particules fines de taille submicronique ou des matériaux corrosifs.

Les filtres électrostatiques peuvent comporter un ou deux niveaux. Dans un filtre électrostatique à un niveau (figure 3.4.5-1), les électrodes de charge et les surfaces de collecte sont situées dans la même zone.

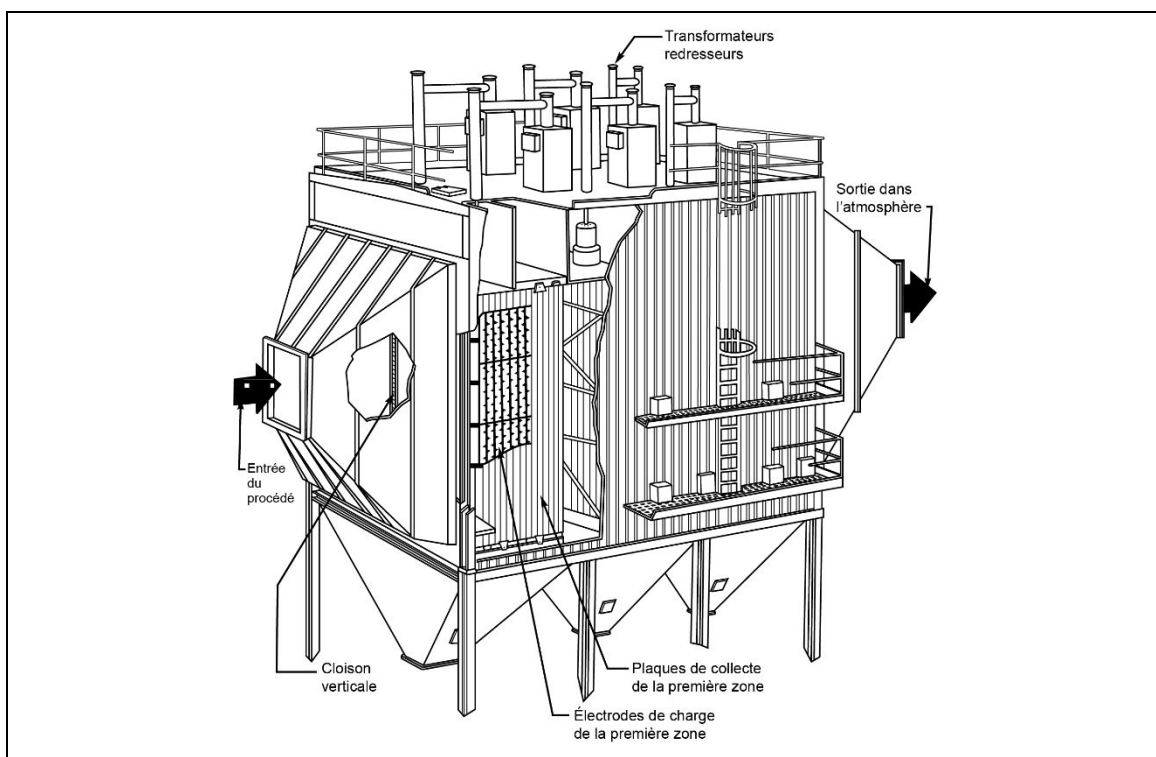


Figure 3.4.5-1. Filtre électrostatique à un niveau. (Une cloison verticale sépare les deux compartiments du dispositif. Chacun d'entre eux comporte trois zones, et les matériaux collectés sur les plaques sont recueillis dans une trémie située en dessous.)

La tension est graduellement transmise aux électrodes de charge à partir d'un niveau prédéfini jusqu'à atteindre une ionisation du gaz entre l'électrode et la surface de collecte ainsi qu'une décharge électrique (effet couronne). La tension est ensuite réduite automatiquement pour retrouver un niveau prédéfini et le cycle se répète. L'efficacité de la collecte est optimale juste avant l'effet couronne.

Des racloirs ou un lavage à l'eau sont utilisés pour transférer les particules à la trémie située en dessous. Des vannes rotatives ou un convoyeur à vis permettent d'éliminer les particules collectées de la trémie.

Les grands filtres électrostatiques à un niveau peuvent comporter deux compartiments parallèles. Chaque compartiment présente de trois à cinq zones de collecte montées en série et équipées de leur propre alimentation électrique. Les transformateurs redresseurs des grands filtres électrostatiques sont généralement installés au-dessus de ces derniers. Sur les filtres électrostatiques modernes, l'efficacité globale de la collecte peut atteindre 99,9 %.

Dans les filtres électrostatiques à deux niveaux (figure 3.4.5-2), les électrodes de charge, parallèles à la circulation du gaz, sont placées en amont des surfaces de collecte.

Ces équipements sont utilisés dans les opérations de tôlerie et les systèmes de purification de l'air des salles blanches. Les modèles plus grands sont fréquemment employés afin de répondre aux exigences de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA, Environmental Protection Agency) relatives à différents processus (travail du plastique, durcissement du caoutchouc, impression, finition textile et saturation d'asphalte, par exemple).

Si des particules solides ou une combinaison de particules solides et de brouillard d'huile sont collectées, un préfiltre est généralement placé en amont du filtre électrostatique. Il peut s'agir d'un préfiltre en fibres de verre ou d'une série d'écrans.

Les petits filtres électrostatiques à deux niveaux (jusqu'à 280 m³/min) sont habituellement installés en toiture, à proximité de l'équipement protégé, ou sur des chariots mobiles à l'intérieur de la zone de travail. En règle générale, l'air filtré est refoulé dans la zone de travail. Les appareils dont la capacité est supérieure à 280 m³/min sont couramment placés sur le toit ou au sol, à proximité

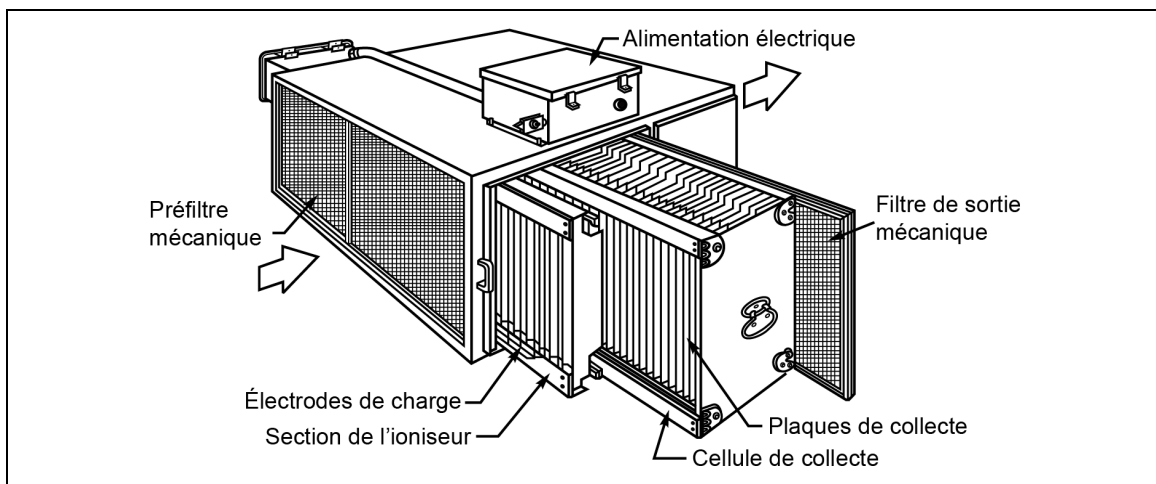


Figure 3.4.5-2. Filtre électrostatique à deux niveaux à filtration mécanique

du bâtiment. Ils couvrent souvent plusieurs équipements. En principe, les gaines partent de l'équipement et traversent la toiture. Elles sont interconnectées et entrent dans le filtre électrostatique. L'air filtré est généralement rejeté dans l'atmosphère.

3.4.6 Opérations de traitement et de mouture des grains

Le terme « silo de grains » revêt plusieurs significations. Il peut désigner les éléments suivants :

- A. Un complexe servant au stockage des grains. Cette installation (figure 3.4.6-1) comprend des silos de stockage, des réservoirs ou d'autres bâtiments de stockage en vrac, ainsi que diverses fonctions supports liées à la gestion des matières entreposées.
- B. La tour contenant le convoyeur qui permet de déposer les grains dans les silos (en général, un élévateur à godets ou un système de transport pneumatique).
- C. Les entreprises exploitant plusieurs installations individuelles de silos de grains.
- D. Le mécanisme de levage utilisé pour transférer les grains dans les silos de stockage.

Il existe trois grands types d'installations de silos de grains : les silos de campagne, régionaux (terminaux terrestres) et d'exportation (terminaux portuaires). Le flux de grains entre ces silos s'accompagne d'une augmentation proportionnelle de la taille du silo et de la capacité de traitement des grains.

Les silos en béton armé atteignant parfois plus de 30 m de haut et présentant des capacités individuelles supérieures à 880 m³ sont courants. Toutefois, les grains peuvent également être stockés dans des réservoirs en acier ou des bâtiments de stockage en vrac. Des convoyeurs de chargement et de déchargement sont installés au sommet des silos de stockage, dans une enceinte et sous leur base, en général dans un tunnel. Ils transfèrent les grains vers une tour installée sur le toit d'un bâtiment à plusieurs étages (atelier) contenant des équipements de levage, de nettoyage, de pesage et de manutention des grains.

Le type de construction de ces installations (en béton, à ossature métallique ou même anti-explosion) varie en fonction de la localisation du site.

Une construction anti-explosion vise à limiter l'étendue des dommages causés par une explosion. Par ailleurs, les convoyeurs aériens établissent une séparation entre les différentes parties du site, ce qui réduit le risque de propagation d'une explosion via les équipements, les tunnels et les galeries.

Même si les convoyeurs peuvent être aériens ou souterrains, les modèles aériens sont de plus en plus courants. Ils sont le plus souvent utilisés pour transporter les grains entre les zones de chargement/déchargement et les silos de stockage. Ce transport peut être effectué via un atelier unique ou séparé, selon la taille du site. Les convoyeurs peuvent également être placés en hauteur. Les silos et les bennes peuvent être interconnectés par des becs.

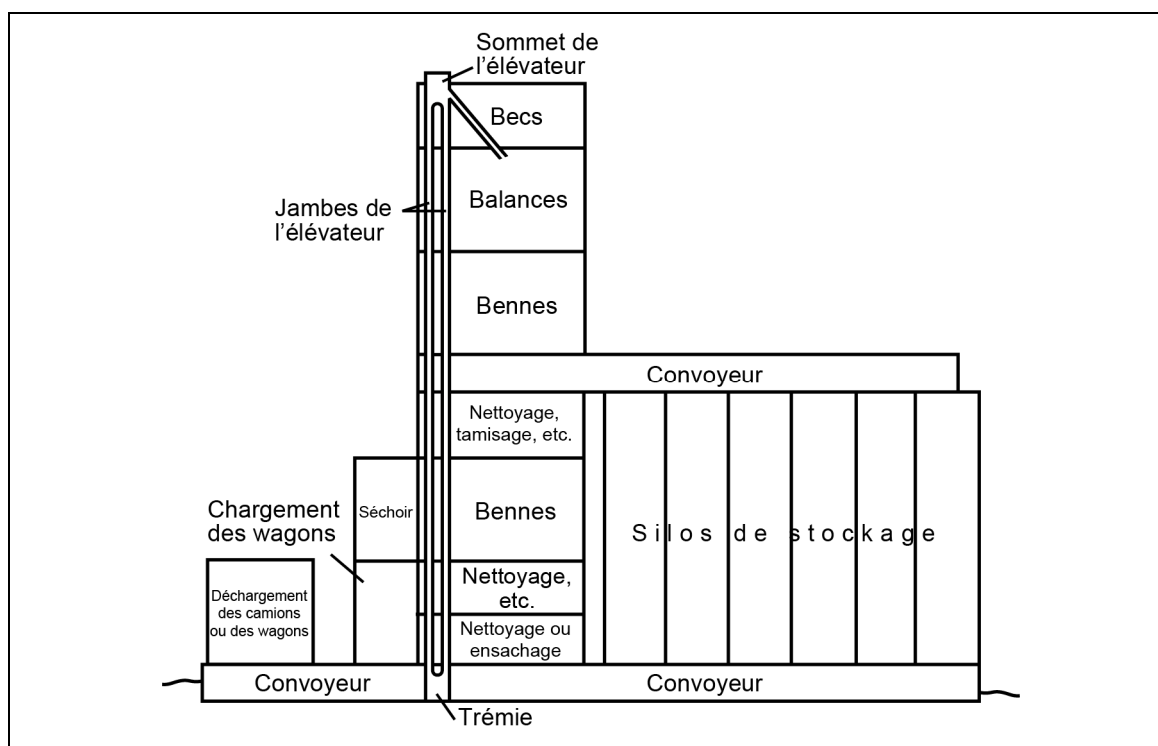


Figure 3.4.6-1. Silo de grains classique

Des balances permettent de peser les grains dans différentes parties du site. Un prélèvement d'échantillons est réalisé lors du transfert des grains entre les bennes d'expédition et les convoyeurs à bande pour le chargement des bateaux, des barges, des wagons, etc.

Les opérations de meunerie ou de broyage d'aliments pour bétail nécessitent différents équipements (broyeurs, séparateurs et mélangeurs) et zones (ensachage, stockage ou chargement en vrac). Elles peuvent également impliquer d'autres processus utilisant des presse-purée ou des cuiseurs.

La maîtrise des sources d'ignition et la tenue des locaux sont les méthodes couramment utilisées pour réduire le risque d'explosion sur ces sites. Les événements d'explosion éventuellement installés sont donc généralement inadéquats.

3.4.7 Séchoirs à grains

Des équipements de séchage au fioul ou au gaz direct sont en principe utilisés pour les grains. Les serpentins à vapeur servant à chauffer l'air de séchage présentent un risque d'incendie moindre, mais nécessitent une chaudière de grande capacité pour une demande élevée, mais ponctuelle.

Les drêches séchées et ensachées sont destinées à l'alimentation animale. Des séchoirs rotatifs chauffés à la vapeur sont généralement utilisés. Les matières séchées obtenues peuvent être broyées et moulues davantage avant leur expédition. Dans les alambics à bière et les usines de production d'éthanol, les matières solides sont séparées des matières liquides avant le séchage. Pour récupérer les résidus solides présents dans le liquide, ceux-ci sont concentrés dans des évaporateurs ou des centrifugeuses, puis séchés dans des tours de séchage par atomisation ou dans des tambours sècheurs.

Les fours à malt sont un type spécial de séchoirs à grains utilisé dans la production de bière, de whisky et d'autres produits alimentaires. De taille variable, ils comportent des planchers métalliques perforés sur lesquels le malt est séché sur des plateaux d'environ 300 à 600 mm de profondeur. Le malt présentant un taux d'humidité compris entre 40 et 50 % est introduit dans le four et progressivement séché grâce à l'air chaud. Les planchers perforés permettent à l'air chaud de pénétrer dans les plateaux de grains afin de faciliter le séchage. Une fois séché, le malt affiche un taux d'humidité d'environ 4 %.

3.4.8 Convoyeurs

Plusieurs types de convoyeurs sont utilisés pour transporter des matériaux générant des poussières. Les modèles les plus courants sont peut-être les élévateurs à godets, constitués de godets métalliques ou en plastique fixés sur une bande entraînée par un moteur électrique et qui se déplace verticalement.

Cette bande est logée dans une enceinte métallique placée à l'intérieur d'une enveloppe en béton (jambe). Le produit est prélevé dans la partie inférieure de la jambe (« trémie ») pour être transporté au sommet (« tête ») avant que les godets ne se déversent. Ils repartent ensuite en bas de la bande pour être à nouveau remplis.

Des mélanges de poussières et d'air explosifs peuvent se créer dans les jambes d'un élévateur à godets, notamment dans leur partie inférieure, sujette à l'infiltration de résidus de poussière dus au renversement des godets. Les sources d'ignition courantes incluent les paliers ayant surchauffé au niveau des sections supérieure, intermédiaire et inférieure de l'élévateur, les opérations de découpe et de soudure, les corps étrangers métalliques ou les chutes de godets. Une explosion au niveau de la jambe de l'élévateur, en particulier à l'intérieur de l'enveloppe en béton située dans l'atelier, peut rapidement produire une pression extrême et la transmettre à l'ensemble de l'élévateur.

Des convoyeurs à chaîne (figure 3.4.8-1) peuvent également être utilisés. Ils se composent d'une enceinte tubulaire étanche à la poussière en acier lourd intégrant des pales ou des palettes installées verticalement, horizontalement ou en position inclinée. Les palettes et le matériau transporté forment une masse solide lors de leur déplacement vertical. En règle générale, l'accumulation de poussière au niveau des jambes est moins importante que dans un élévateur à godets.

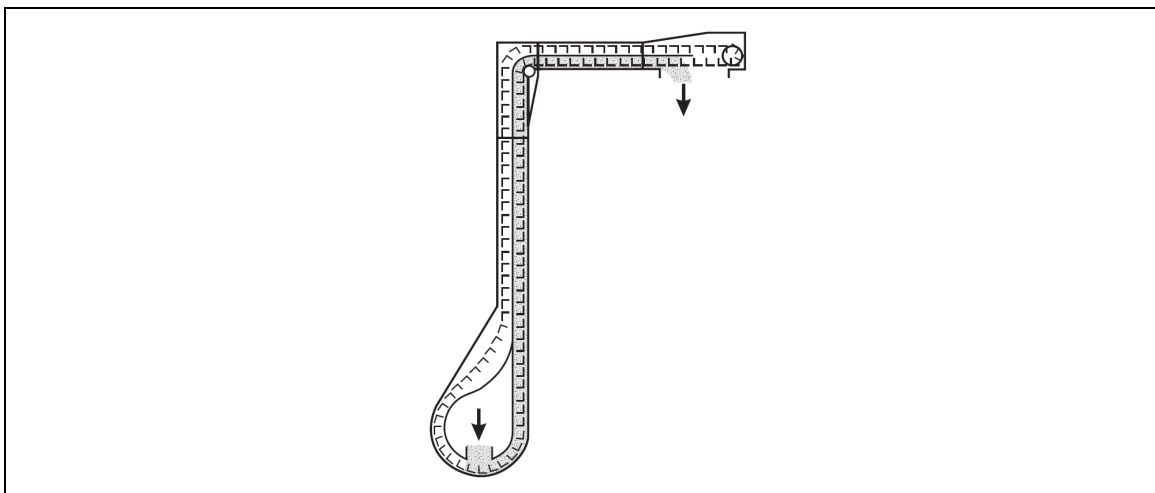


Figure 3.4.8-1. Convoyeur à chaîne

Des convoyeurs à bande classiques placés sur un plan incliné peuvent également être utilisés à la place des élévateurs verticaux. Ce type de configuration nécessite beaucoup d'espace, mais évite l'installation de jambes.

Les convoyeurs à vis sont couramment utilisés pour les courtes distances. Ils peuvent fonctionner avec des conduites obstruées, notamment si les palettes ont été retirées. L'un des risques présentés par les convoyeurs à vis est la création de poussière due au fait que des particules de matériau peuvent se trouver prises entre la vis et l'enceinte et être partiellement moulues. Il est donc important de s'assurer que la gaine entourant le convoyeur à vis est totalement étanche à la poussière.

Un système de transport pneumatique peut être utilisé pour transporter des matériaux légers, dont des poussières, entre différents procédés, mais aussi pour collecter ces poussières. Des gaines pneumatiques interconnectées peuvent transporter des matériaux incandescents sur l'ensemble d'un site. Leur conception devrait empêcher toute libération de poussière dans l'environnement extérieur lors du transport.

Des poussières supplémentaires sont générées à chaque transfert de grains, mais elles sont normalement rejetées dans le flux de grains. De grandes quantités de poussières doivent être gérées dans les élévateurs locaux et de transfert, contrairement aux élévateurs de campagne ou d'autres installations de traitement des grains, comme celles des usines d'extraction par solvant, des distilleries, etc. Par ailleurs, certains grains (le maïs ou le sorgo) génèrent davantage de poussières que le blé, par exemple.

3.4.9 Gaines de raccordement

Les poussières sont transférées dans des gaines, soit dans le cadre d'un système de contrôle de la poussière fugitive, soit pour déplacer le produit d'une partie du processus à une autre. Le transfert de poussière en suspension présente presque toujours une concentration beaucoup moins importante que la CME, tandis que celle du transfert de matériaux de procédé peut être beaucoup plus importante. Le transfert de processus peut être appelé transfert de phase dense.

Pour bien comprendre le risque, il est impératif de connaître les conditions de transfert. Pour ce faire, il est nécessaire de savoir quelle quantité est traitée/recueillie au cours d'une période donnée, ou mesurée par échantillonnage ou surveillance du débit réel dans la gaine.

Le risque dans la gaine peut être affecté par les taux de transfert réels ou par la poussière qui s'échappe et s'accumule en raison d'une vitesse d'écoulement insuffisante dans la gaine. Il est important de ne pas laisser la poussière s'accumuler. Ce risque peut être contrôlé en maintenant un débit d'air suffisant, généralement de l'ordre de 18 à 20 m/sec. La poussière accumulée peut être déplacée de nouveau par l'onde de pression d'une explosion et créer des concentrations combustibles localisées, se déplaçant avec l'onde de pression et enflammées par le front de flamme arrière. Après une propagation considérable, ce jet de flamme turbulent devient une forte source d'ignition (voir l'annexe A) susceptible de détruire des équipements apparemment correctement protégés.

Une petite quantité de poussière peut propager une explosion. Pour une gaine circulaire de diamètre « D » avec une couche de poussière d'épaisseur « h » positionnée sur 1/4 de sa circonférence interne (c'est-à-dire en bas), la concentration de poussière dispersée de manière homogène dans toute la section transversale de la gaine est de $C = \rho_{\text{densité en vrac}} h/D$.

Par exemple, une poussière d'une densité en vrac de 500 kg/m³, une épaisseur de seulement 0,2 mm et une gaine de 0,2 m de diamètre peuvent générer une concentration de poussière de 500 g/m³. Cette concentration bien supérieure à la CME de pratiquement toutes les poussières peut donc propager une explosion.

La poussière déposée n'est probablement pas dispersée de manière homogène dans toute la gaine, mais des recherches menées par le Bureau américain des mines ont montré que les explosions peuvent se propager dans les gaines, même à des concentrations moyennes de poussière ne dépassant pas la moitié de la CME. La propagation ne nécessite qu'une traînée continue de mélange présentant une concentration supérieure à la CME. Cette condition peut être respectée même s'il n'y a pas assez de poussière pour remplir l'ensemble du volume de la gaine avec un mélange dont la concentration est supérieure à la CME. Même des quantités infimes de poussière peuvent suffire à créer une explosion à propagation, de sorte que la vitesse de l'air dans la gaine doit être suffisante pour empêcher tout dépôt de poussière.

Les événements d'explosion dans les gaines ne sont pas prévus pour préserver la gaine, généralement de faible valeur et facile à remplacer, mais pour réduire la violence d'une explosion potentielle qui se propagerait sur toute sa longueur. Ils n'empêchent pas la propagation de l'explosion, mais réduisent l'intensité de la source d'ignition à laquelle sont exposés les équipements connectés. Concevoir une gaine pour qu'elle se rompe à basse pression plutôt que d'installer des événements d'explosion peut constituer une solution alternative acceptable lorsque l'équipement n'est exposé à aucun risque.

Des systèmes d'isolement d'explosion peuvent s'avérer nécessaires pour raccorder des gaines lorsque la conséquence d'un événement non protégé dans un équipement ou d'un retour de flamme dans un bâtiment est inacceptable. Par exemple, une ponceuse pour grands panneaux peut posséder six points de collecte de la poussière, trois en haut et trois en bas, tous reliés à une gaine commune. Chaque tuyau d'aspiration n'a pas besoin d'un dispositif d'isolement. Un système d'isolement d'explosion serait préférable sur la gaine principale après qu'il ait quitté le bâtiment pour empêcher la propagation dans la ponceuse d'une explosion survenant dans le collecteur de poussière.

3.4.10 Silos

Les silos sont également exposés à un risque d'explosion de poussière, même lorsqu'ils renferment des granulés contenant très peu de particules fines. Le transfert dans le silo étant continu, les particules tombent au fond, mais les plus fines, qui sont aussi les plus explosives, restent en suspension. En cas d'opération de transfert prolongée, la concentration de poussière combustible en suspension est supérieure à la concentration minimale d'explosion (CME, ce qui crée un risque d'explosion).

Lorsqu'un collecteur de poussière est monté directement sur un silo (c'est-à-dire avec une canalisation de raccordement courte d'un diamètre suffisamment grand), toute explosion à l'intérieur du collecteur de poussière crée les mêmes effets que si l'explosion avait eu lieu dans le silo. Le collecteur de poussière peut donc être considéré comme faisant partie du silo. Les événements d'explosion installés sur l'un et l'autre et dimensionnés sur la base de la somme des deux volumes sont adéquats, que l'explosion ait lieu dans le silo ou dans le collecteur de poussière fixé.

Lorsque le collecteur de poussière est séparé du silo par une petite gaine ou une gaine allongée, le silo et le collecteur de poussière ne fonctionnent plus comme un seul volume lors d'une explosion. Si une explosion provient d'un collecteur de poussière sans événement d'explosion, le jet de flamme se propage dans le tuyau de raccordement, enflammant tout nuage de poussière combustible à l'intérieur du silo. Cela peut provoquer une explosion du silo beaucoup plus violente que si elle provenait d'une source d'ignition conventionnelle (plus faible).

Les canons à air utilisés pour briser les matières responsables de la formation d'une arche peuvent disperser des particules fines dans les matières en vrac dans l'espace libre du silo. Même si le pourcentage de particules fines est très faible (1 à 2 %, par exemple), les décharges répétées d'air sous pression provoqueront leur concentration sur le haut de la couche. Le fonctionnement répété des canons à air engendre plus de particules fines sur le haut de la couche et une plus grande concentration de poussière dans l'espace libre à chaque tir de canon à air. Une seule source d'ignition est nécessaire pour une explosion de poussière majeure.

En outre, certains matériaux combustibles tels que le charbon, les grains et le bois sont sujets à un échauffement spontané, dont l'introduction d'air sur une longue période peut augmenter le risque. L'air introduit dans la combustion incandescente peut provoquer une inflammation ou une explosion de poussière.

Les alternatives aux canons à air incluent l'utilisation de baguettes vibrantes insérées temporairement ou définitivement dans la partie inférieure du silo ou l'utilisation de pavillons et de lances acoustiques.

3.4.11 Élévateurs à godets

Il existe deux types d'élévateurs à godets : à simple ou à double enveloppe.

Dans une enveloppe simple, les godets se déplacent vers le haut et vers le bas dans la même enceinte avec une section supérieure et inférieure commune.

Dans une double enveloppe, les godets mobiles montants et descendants se trouvent dans une enceinte séparée, mais la section supérieure et inférieure reste commune.

Même si les matériaux combustibles en vrac peuvent avoir un très petit pourcentage de particules fines mélangées à des matériaux trop bruts pour constituer un risque d'explosion de poussière, la manipulation de ces matériaux en vrac risque de provoquer une explosion dans une enceinte d'élévateur à godets. En raison du haut degré de turbulence à l'intérieur de l'enceinte de l'élévateur à godets, toute particule fine sera facilement mise en suspension. Étant donné que des particules fines sont continuellement ajoutées dans l'espace d'air de l'élévateur et que très peu tombent, la concentration peut dépasser la CME et créer un risque d'explosion de poussière.

3.4.12 Équipements de réduction granulométrique (broyeurs, pulvérisateurs, broyeurs à marteaux, etc.)

Les équipements de réduction granulométrique présentent un risque inhérent d'impact mécanique en présence de poussières combustibles. L'impact mécanique peut créer un échauffement par friction et par impact. Des étincelles peuvent se produire si du métal pénètre accidentellement dans la machine. Il peut en résulter des particules incandescentes qui en quittant l'équipement, se transforment en source d'inflammation en aval de ce dernier ou l'ignition réelle du nuage de poussière dans l'équipement. Ces machines sont le plus souvent de construction robuste et peuvent résister à une explosion interne sans dommage.

Les événements d'explosion ne sont généralement pas nécessaires, mais la propagation des explosions vers d'autres parties de l'installation doit être envisagée et des techniques d'isolement d'explosion peuvent être requises.

L'entretien régulier de ces équipements permet de garantir une lubrification adéquate, de maintenir un dégagement suffisant et d'éviter l'accumulation et l'inflammation de poussière et de débris ou un dysfonctionnement.

3.4.13 Condensation à l'intérieur des équipements et isolation des événements

De la condensation peut se former sur les parois intérieures des équipements de traitement de la poussière situés à l'extérieur ou dans les événements des équipements canalisés vers l'extérieur par temps froid. Cette situation peut favoriser l'introduction d'humidité dans le flux de poussière et créer des problèmes tels qu'une agglomération de particules, la formation de produits ne correspondant pas aux spécifications ou l'échauffement spontané de certains matériaux. Une isolation permet d'éviter cette condensation, mais elle ne doit pas nuire aux performances des événements d'explosion. Des événements d'explosion préfabriqués de type membrane de rupture sont disponibles et possèdent une âme isolante en mousse pour éviter la formation de condensation à l'intérieur de l'événement. Il n'est pas nécessaire d'appliquer une isolation supplémentaire, car elle pourrait empêcher le bon fonctionnement de l'événement. Ce dernier ne doit en aucun cas être calfeutré pour éviter la formation de condensation, car cela pourrait entraver son ouverture.

3.5 Protection

3.5.1 Filtres électrostatiques

La chaleur provoquée par un incendie ou par la surchauffe d'un procédé pourrait déformer les plaques de collecte (sauf si elles ont été spécialement renforcées ou équipées de raidisseurs), ce qui nuirait à leur efficacité.

Dans les grands équipements comportant quatre ou cinq zones installées en série, des incendies peuvent se développer sans être détectés pendant une longue période, car les zones en aval collectent des particules de fumée et rejettent l'air filtré. L'instrumentation est importante pour détecter rapidement tout départ de feu.

La fréquence des sinistres liés aux filtres électrostatiques est plus élevée dans les équipements collectant des brouillards d'huile ou d'autres hydrocarbures générés par des opérations de meulage de métaux à haute vitesse et des activités de fabrication de textiles, sujettes à l'inflammation de poussières recouvertes d'huile ou de peluches s'accumulant entre les plaques et les électrodes. Une inflammation spontanée des dépôts dans les gaines ou le filtre électrostatique peut également survenir. Des dépôts peuvent s'accumuler si la vapeur gazeuse à l'entrée contient des particules solides ou si la vitesse d'écoulement dans la gaine est insuffisante.

Bien qu'ils ne traitent que des matériaux incombustibles, les filtres électrostatiques installés sur les fours à ciment, les chaudières de récupération de liqueur noire et celles à charbon pulvérisé présentent une fréquence de sinistres élevée.

Pour les filtres électrostatiques, les types de protection les plus courants sont la protection sprinkleur automatique ou le système d'extinction à eau pulvérisée. Les systèmes d'extinction à vapeur et au dioxyde de carbone sont également utilisés comme dispositifs de protection complémentaires. En règle générale, un détecteur à température fixe placé dans les gaines ou le filtre électrostatique permet de déclencher ces dispositifs.

3.5.2 Extinction d'étincelles et suppression d'explosion

Un système d'extinction d'étincelles, également appelé système de suppression d'étincelles, détecte et éteint les étincelles ou les braises incandescentes en amont des équipements de collecte de poussière afin d'empêcher ces sources d'ignition de se déplacer vers le ou les collecteurs de poussière.

Le système de détection utilise un capteur infrarouge pour rechercher les particules dont les températures sont élevées et déclenche une buse à eau pulvérisée en aval pour les éteindre.

Les systèmes d'extinction d'étincelles sont très efficaces pour réduire la fréquence des explosions de poussières combustibles. Ils ne sont pas conçus pour supprimer une explosion ou en réduire la gravité, mais permettent uniquement de maîtriser les sources d'ignition. Ils peuvent également être raccordés à une vanne guillotine à fermeture rapide afin d'éliminer les étincelles ou braises qui n'ont pas été éteintes. Cette configuration est particulièrement fréquente dans l'industrie du bois.

Ces systèmes présentent les limites suivantes :

- Échec de l'extinction de particules trop grosses.
- Échec de l'extinction des sources d'ignition de corps étrangers métalliques dans les gaines.
- Échec de la détection et/ou de l'extinction des particules ou sources d'ignition créées en aval du système de détection/d'extinction.
- Faute d'incidence sur la gravité de l'explosion, un dispositif de protection anti-explosion ou de réduction des risques d'explosion devrait être installé.
- Risque de diminution des performances en cas de changement de vitesse du flux d'air/de vapeur gazeuse.

Les événements d'explosion et les systèmes de blocage ou de suppression d'explosion diffèrent des systèmes de détection et d'extinction d'étincelles dans le sens où ils contrôlent les effets/produits d'une explosion après sa survenue. Les événements dirigent l'explosion vers un lieu sûr, les systèmes de blocage d'explosion isolent chaque système, et les systèmes de suppression d'explosion détectent les phases précoces d'une explosion afin d'empêcher la pression d'atteindre un niveau auquel l'équipement peut être endommagé ou détruit.

3.5.3 Séparateurs de corps étrangers, magnétiques ou autres

L'utilisation de séparateurs en amont de tous les équipements ayant un impact mécanique sur le matériau du procédé empêche la pénétration d'objets métalliques et d'autres corps étrangers dans les équipements. Sans les séparateurs, le métal ou tout autre matériau pénétrant dans l'équipement peut créer des étincelles d'impact ou de friction capables d'enflammer un nuage de poussière.

3.6 Maîtrise des sources d'ignition

Les procédés et équipements suivants sont considérés comme présentant une fréquence élevée d'explosions de poussière :

- A. Menuiserie : séchoirs rotatifs, sécheurs flash, équipements de ponçage et de broyage de panneaux de particules (voir la fiche technique 7-10 pour connaître les exigences supplémentaires en matière de protection contre les incendies et les explosions liées à cette industrie) ;
- B. tout équipement de broyage mécanique doté d'un équipement connecté tel qu'un cyclone en aval (à l'exception des pulvérisateurs de charbon et du broyage de produits alimentaires pour la consommation humaine, qui ne sont pas considérés comme présentant une fréquence élevée d'explosions aux fins de cette fiche technique) ;
- C. les procédés qui produisent régulièrement des étincelles ou des braises incandescentes (en raison d'un meulage ou d'une friction, par exemple) pouvant pénétrer dans un système de collecte de poussière ;
- D. tout procédé ou système ayant subi au moins deux explosions au cours d'une période de 10 ans.

3.6.1 Énergie minimale d'inflammation (EMI)

L'énergie minimale d'inflammation (EMI) est la mesure de la quantité d'énergie minimale nécessaire à un nuage de poussière en suspension pour entraîner une explosion. L'EMI des poussières combustibles est comprise entre 1 et 1000 mJ. Les poussières présentant une EMI inférieure à 10 mJ sont rares et celles dont l'EMI est de 3 mJ ou moins nécessitent des précautions particulières. Une décharge d'électricité statique pourrait enflammer une poussière dont l'EMI ne dépasse pas 25 mJ. Les poussières combustibles types présentent une EMI supérieure à 25 mJ. Les tests de l'EMI ne sont normalement effectués que si une poussière est supposée être particulièrement exposée à l'inflammation statique. Tout résultat de test signalant une EMI de 10 mJ ou moins doit être interprété comme prouvant l'inflammabilité statique.

Des charges électrostatiques incendiaires peuvent apparaître lorsque des poudres isolantes sont transférées dans des silos ou des bennes, ou lorsque des revêtements isolants (du plastique, par exemple) recouvrent des surfaces métalliques (gaines métalliques doublées). Les charges accumulées à la surface d'un tas de poudre isolante peuvent créer des décharges en aigrette qui sont généralement limitées à 20 mJ et ne risquent pas d'enflammer des poussières combustibles types. Les charges accumulées sur des revêtements peuvent entraîner la propagation de décharges en aigrette susceptibles de libérer suffisamment d'énergie (des centaines de mJ) pour enflammer des poussières combustibles. Si ces conditions sont réunies, une évaluation doit être effectuée par un expert en électrostatique. En général, les poudres métalliques telles que l'aluminium possèdent une EMI faible (jusqu'à 0,1 mJ), ce qui les rend facilement inflammables, et peuvent présenter une valeur K_{st} élevée. Les événements d'explosion risquent donc de ne pas être suffisants.

3.7 Fabrication additive (impression 3D)

La fabrication additive, plus connue sous le nom d'impression 3D, est de plus en plus importante dans la fabrication de pièces complexes. Des composants sont produits pour diverses applications allant des jouets à l'aéronautique.

Les figures 3.7-1, 3.7-2 et 3.7-3 sont des schémas représentant les principales catégories technologiques et leurs caractéristiques. L'impression 3D mentionnée dans la figure 3.7-3 est plus représentative des imprimantes de bureau que des imprimantes industrielles.

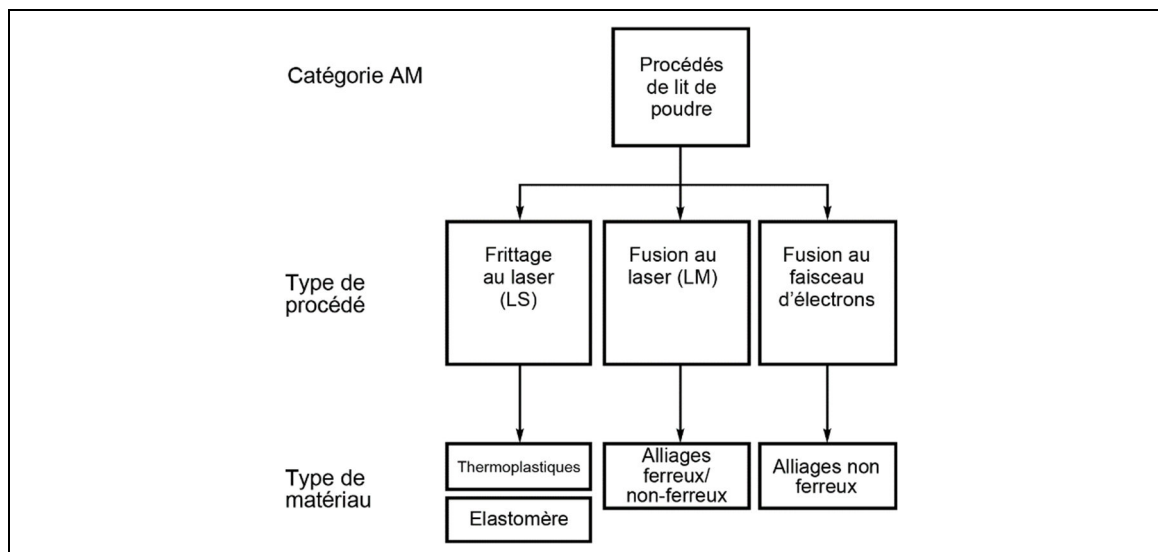


Figure 3.7-1. Procédés de lit de poudre

La fusion sur lit de poudre est la méthode la plus courante utilisée avec les poudres métalliques. Elle implique l'utilisation de données de conception numérique pour créer un composant en déposant alternativement une couche de matière de 20 à 100 microns d'épaisseur (0,02 à 0,1 mm), puis en fusionnant le modèle du composant dans la couche et en répétant la séquence jusqu'à ce que le « build », la pièce en cours de création, soit terminé. Pour les poudres métalliques, la fusion s'effectue avec un faisceau laser ou d'électrons, tandis que les polymères/plastiques peuvent être fusionnés avec un laser ou un liquide de liaison pulvérisé sur la couche de poudre.

La figure 3.7-4 est un schéma représentant la technologie de frittage sélectif par laser qui produit le produit réel. La distribution de la couche de poudre est effectuée par une barre située juste au-dessus de la surface de la plateforme de construction ou de la couche précédente.

Les procédés de dépôt de matière utilisent des poudres ou des méthodes d'extrusion pour construire le produit couche par couche. Une technique utilise la dispersion sélective d'une poudre à travers un jet d'aérosol, suivie d'une fusion avec de la chaleur ou un faisceau d'électrons (projection de matériau). Ces procédés projettent de petites quantités individuelles de matière et, en règle générale, ne créent pas de nuages de poussière dans l'équipement.

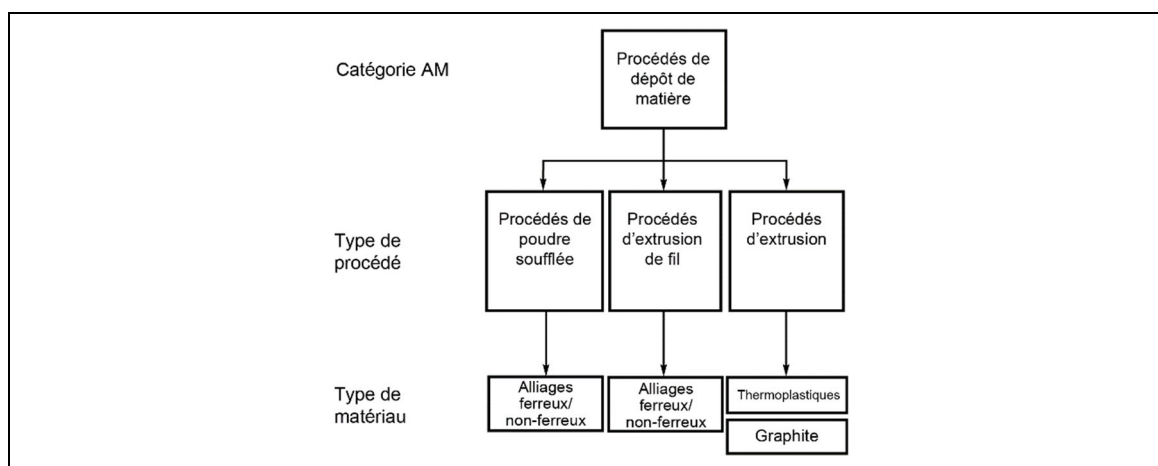


Figure 3.7-2. Procédés de dépôt de matière

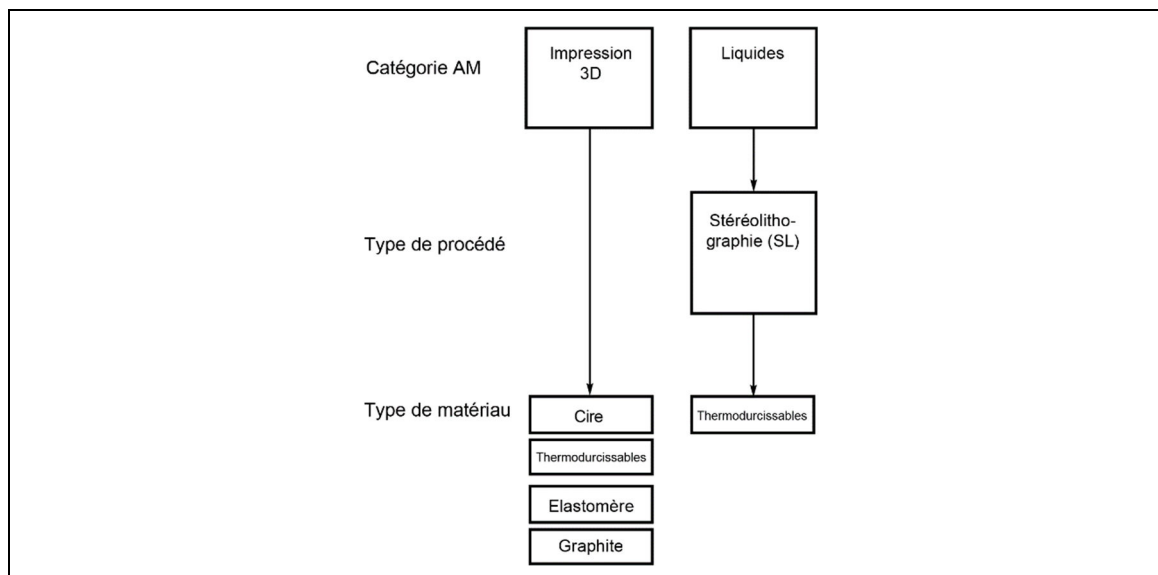


Figure 3.7-3. Impression 3D et procédés liquides

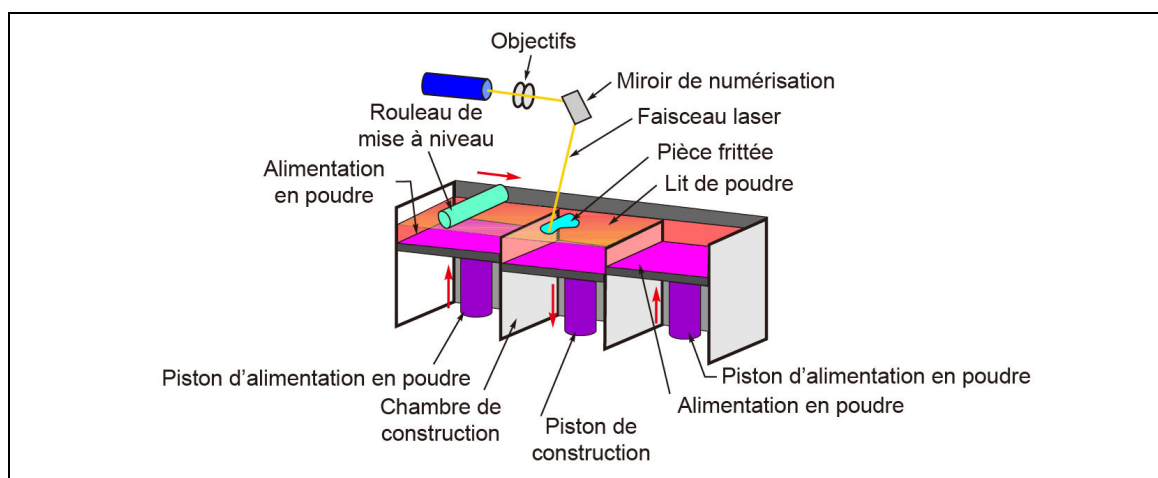


Figure 3.7-4. Conception SLS (Chemical Engineering Progress, mai 2014)

Pour les résines plastiques liquides utilisées dans un bassin, le mécanisme de mise en forme se sert de faisceaux lumineux (laser, UV) pour fusionner le polymère dans la forme requise (stéréolithographie). Une méthode utilise des résines liquides à point éclair élevé (plus de 100 °C) et des liquides de nettoyage à point éclair modéré (85 °C).

Le matériau de construction peut être une poudre fine de métal, de plastique, de céramique ou de verre. Les poudres d'alliage métallique les plus utilisées sont le cobalt-chrome, l'aluminium-titane, le magnésium, l'inox (fer et chrome plus autres additifs moins importants) et l'Inconel (alliage de nickel, chrome et fer, et autres métaux employés comme additifs moins importants). L'explosivité du matériau (K_{st}) varie en fonction du métal ou de l'alliage. En principe, une poussière doit être considérée comme combustible jusqu'à ce qu'un test démontre le contraire.

La figure 3.7-5 montre des exemples d'imprimantes industrielles classiques. Les modèles ProX 300 et Concept M2 présentent une enveloppe de construction (chambre pour la partie d'impression) d'environ 250 x 250 x 300 mm. Le prix d'une imprimante industrielle peut atteindre 500 000 euros.

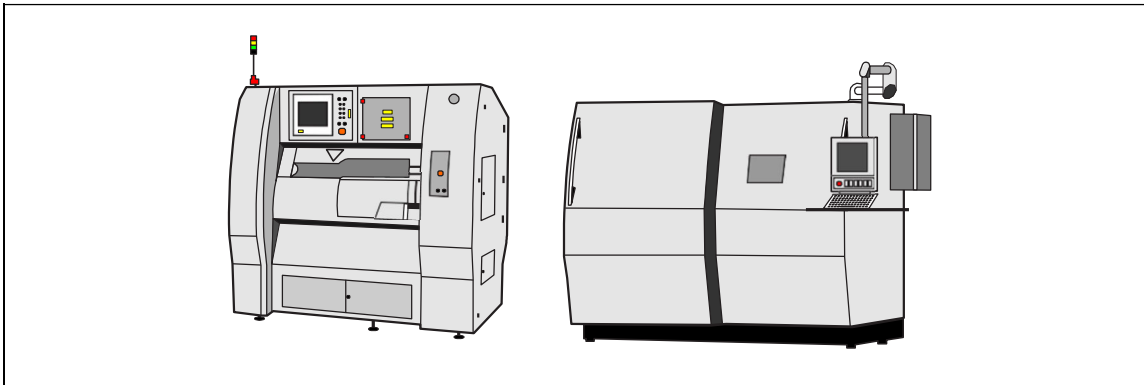


Figure 3.7-5. Systèmes 3D destinés à l'industrie : imprimantes laser Prox300 et Concept M2
(Source : brochures des fabricants)

3.7.1 Risques potentiels

Les principaux risques impliquent la poussière combustible manipulée sous forme de poudre fine (souvent 30 à 150 microns ou moins) et le liquide qui peut brûler utilisé par certains systèmes. Seuls les risques liés aux opérations impliquant de la poudre sont examinés dans la présente fiche technique, en insistant sur les poudres métalliques.

Les procédés à base de métal fonctionnent dans une atmosphère à faible teneur en oxygène (moins de 1 % d'oxygène) pour des raisons liées à la qualité du produit et ne présentent donc pas de risque d'explosion dans la chambre de construction ou le système de recirculation de l'atmosphère inerte, qui peut inclure des cartouches ou panneaux filtrants essentiellement ou entièrement fabriqués en matériaux combustibles. La plupart des filtres sont utilisés pour deux ou trois cycles de construction, puis remplacés. Certains systèmes identifient les fumées du processus laser comme des « condensats métalliques hautement inflammables » nécessitant une manipulation et des précautions particulières pour empêcher des combustions spontanées dans les filtres lorsqu'ils sont retirés et exposés à l'air. Dans de nombreux cas, le retrait de ces filtres à des fins de nettoyage a entraîné des feux instantanés intenses et localisés. Ce type de sinistre pourrait être aggravé par la perturbation des condensats présents sur les filtres lors du nettoyage.

Les quantités requises de poudres de procédé varient en fonction de la taille des machines, les plus petites n'ayant besoin que de quantités de matériau réduites, tandis que les plus volumineuses peuvent nécessiter jusqu'à plusieurs centaines de kilogrammes. Ces poudres sont manipulées dans des conteneurs en carton épais ou des bidons en plastique d'un volume maximal d'environ 7,6 L. L'accumulation d'électricité statique lors de leur transfert est possible, et les fabricants recommandent généralement la liaison équipotentielle et la mise à la terre du personnel, des conteneurs et des machines au cours de ces opérations. En ce qui concerne la manutention, étant donné l'échelle actuelle de ces systèmes, le contrôle des sources d'ignition par mise à la terre, liaison équipotentielle, etc. est plus pratique que l'inertage de l'opération.

Les équipements de production nécessitent probablement d'autres méthodes de manutention et doivent être évalués en fonction des propriétés des poudres concernées, comme indiqué précédemment.

Le processus de nettoyage de la chambre de construction nécessite généralement des aspirateurs portables, qui doivent être adaptés aux opérations à risques impliquant des poussières de métal ou de plastique combustibles.

Les pièces terminées sont retirées de l'atmosphère à faible teneur en oxygène. L'excès de poudre est éliminé, soufflé à l'air ou aspiré par l'opérateur et recyclé dans la machine en vue de sa réutilisation. Les pièces sont ensuite transférées pour des opérations de finition complémentaires. Certains plastiques sont nettoyés à l'aide de jets d'eau haute pression dans une boîte à gants. La purge de l'air peut provoquer un petit risque d'incendie local ou un système de collecte de poussière correspondant peut présenter un risque d'explosion de poussière.

3.7.2 Protection des imprimantes 3D

Comme indiqué précédemment, les machines de traitement des poudres de métaux combustibles fonctionnent dans des atmosphères inertes et ne présentent aucun risque d'explosion de poussière. Les machines de traitement d'autres poudres combustibles doivent être évaluées pour comprendre comment le procédé est utilisé et si des nuages importants de poussières combustibles peuvent être créés.

Les enceintes des machines contiennent entièrement les poudres combustibles. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des équipements électriques antidéflagrants à proximité.

En raison de la charge combustible de ces machines de fabrication additive, la protection sprinkleur conçue pour les activités environnantes devrait pouvoir maîtriser un incendie alimenté par une imprimante.

Lorsque la charge combustible dans la zone voisine est susceptible de provoquer un incendie de plus grande envergure et/ou d'une intensité supérieure à un sinistre alimenté par la machine seule (dans des zones construites en matériaux combustibles ou abritant des stocks de poudres, par exemple), la protection sprinkleur devrait être conçue pour limiter l'impact d'un incendie alimenté par ces matériaux.

Au contact de l'eau, certains métaux dégagent de l'hydrogène. Si le métal est déjà enflammé, l'ajout d'eau ne créera pas d'atmosphère explosive, car l'hydrogène dégagé sera déjà brûlé dans l'incendie.

Si une poudre métallique brûlante forme une nappe (en fondant) et que de l'eau s'écoule en dessous, une explosion de vapeur pourrait se produire.

3.7.3 Stockage de poudres métalliques dans des conteneurs

Les matériaux conducteurs tels que les métaux facilitent la libre circulation des électrons en raison de leur faible résistance électrique. Cela simplifie la mise à la terre des charges électriques (électricité statique, par exemple) ou leur égalisation lors d'un raccordement à d'autres matériaux conducteurs (liaison équipotentielle).

Les conteneurs antistatiques sont habituellement fabriqués en plastique, qui présente une résistivité électrique élevée, et en d'autres matériaux (comme le carbone) pour faciliter la dissipation des charges. En règle générale, le flux d'une charge vers la terre depuis un conteneur antistatique est plus lent que depuis un conteneur conducteur.

Les conteneurs en plastique présentent toutefois un inconvénient : en cas d'incendie, leur fort pouvoir calorifique peut mettre en échec la protection sprinkleur, notamment en présence de stocks.

Cette situation peut être aggravée si les conteneurs antistatiques (en plastique) abritent des poudres métalliques combustibles. Au moment de la rédaction du présent document (2024), aucun schéma de protection n'est disponible pour les conteneurs antistatiques (en plastique) abritant des poudres métalliques combustibles. Néanmoins, un projet de recherche est en cours pour examiner les schémas de protection susceptibles de s'appliquer dans ces situations.

Jusqu'à l'achèvement de ce projet, les conteneurs métalliques restent la méthode à privilégier pour le stockage des poudres métalliques combustibles.

4.0 RÉFÉRENCES

4.1 FM

Fiche technique 1-28, *Wind Design*

Fiche technique 1-44, *Damage-Limiting Construction*

Fiche technique 2-0, *Guide d'installation des sprinkleurs automatiques*

Fiche technique 4-4N, *Standpipe and Hose Systems*

Fiche technique 5-1, *Electrical Equipment in Hazardous Locations*

Fiche technique 5-8, *Static Electricity*

Fiche technique 5-48, *Automatic Fire Detection*

Fiche technique 6-9, *Industrial Ovens and Dryers*

Fiche technique 7-10, *Wood Processing and Woodworking Facilities*

Fiche technique 7-14, *Fire Protection for Chemical Plants*

Fiche technique 7-17, *Explosion Protection Systems*

Fiche technique 7-39, *Lift Trucks*

Fiche technique 7-43, *Process Safety*
Fiche technique 7-45, *Safety Controls, Alarms, and Interlocks (SCAI)*
Fiche technique 7-59, *Inerting and Purging Vessels and Equipment*
Fiche technique 7-78, *Industrial Exhaust Systems*
Fiche technique 7-85, *Combustible and Reactive Metals*
Fiche technique 7-111A, *Fuel-Grade Ethanol*
Fiche technique 7-111B, *Carbon Black*
Fiche technique 8-27, *Storage of Wood Chips*
Fiche technique 9-0, *Intégrité des équipements*
Fiche technique 10-3, *Gestion des travaux par point chaud*

4.2 Autres

Air Movement and Control Association (AMCA). *Classifications for Spark Resistant Construction*. AMCA 99040186, dernière version.

American Society for Testing and Materials (ASTM). *Standard Test Method for Limiting Oxygen (Oxidant) Concentration of Combustible Dust Clouds*. E2931.

American Society for Testing and Materials (ASTM). *Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts*. Standard E1515, dernière version.

American Society for Testing and Materials (ASTM). *Standard Test Method for Minimum Ignition Energy of a Dust Cloud in Air*. ASTM E2019, dernière version.

American Society for Testing and Materials (ASTM). *Standard Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise of Combustible Dusts*. Standard E1226, dernière version.

Green, D. W., et R. H. Perry. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Eighth Edition (Chemical Engineers Handbook). New York McGraw-Hill, 2007.

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*. NFPA 68, dernière version

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard on Explosion Prevention Systems*. NFPA 69, dernière version

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard on the Fundamentals of Combustible Dust*. NFPA 652, dernière version

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*. NFPA 654, dernière version

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard for Combustible Metals*. NFPA 484, dernière version

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities*. NFPA 61, dernière version

Siwek, R. « *A Review of Explosion Isolating Techniques*. » Europex International Seminar, mars 1996

Verein Deutscher Ingenieure (VDI). Directive VDI 2263 Part 8.1, « *Dust Fires and Dust Explosions; Hazards, Assessment, Protective Measures; Fire and Explosion Protection on Elevators*. », 2011

Verein Deutscher Ingenieure (VDI). Directive VDI 3673, Part 1, « *Pressure Venting of Dust Explosions*. ». Dernière version.

ANNEXE A GLOSSAIRE

Agréé FM : désigne les produits et services satisfaisant aux critères de FM Approvals. Se reporter au *Guide des produits agréés FM*, une ressource en ligne de FM Approvals, pour obtenir la liste complète des produits et services agréés FM.

Amortisseur de souffle : clapet anti-retour efficace pour empêcher la propagation d'une explosion dans la direction opposée au débit normal.

A_v : Surface d'évent d'explosion

Bara : bar, absolu (unité de pression).

Barg : bar, jauge (unité de pression).

Benne : cuve de stockage métallique basse et compacte. Voir également « Silo ».

Boulangerie : lieu où des produits de boulangerie sont confectionnés (cuits) et/ou vendus. Ces produits incluent notamment des pains, des gâteaux, des cookies, des biscuits (sucrés ou salés), des beignets, des bagels, des pâtisseries et des tartes. Ils sont généralement fabriqués avec de la farine, mais peuvent toutefois être proposés sans gluten.

CME : concentration minimale d'explosion, la concentration la plus basse à laquelle une poussière peut exploser. (Les termes LIE [limite inférieure d'explosivité] ou LII [limite inférieure d'inflammabilité] ont la même signification, mais ne sont pas souvent utilisés dans le cadre d'explosions de poussière.)

Collecteur à bac de récupération : séparateur d'air et de matières (collecteur de poussière) qui utilise une cartouche (cage métallique) contenant un système de filtre. Le filtre est plissé afin d'accroître la surface de collecte de poussière.

Collecteur de poussière ouvert : dispositif conçu et utilisé pour éliminer la poussière de l'air de transport lorsque le matériau filtrant n'est pas enfermé ou dans une enceinte.

Collecteur filtrant : dispositif (enceinte) qui extrait les matériaux secs et solides de l'air en faisant passer l'air à travers un matériau filtrant sec. Par exemple, les enceintes équipées de filtres à manche, de filtres à cartouche (généralement un filtre plissé de forme cylindrique, similaire aux filtres à air automobiles), de filtres à tambour rotatif et de filtres de panneau. (Voir la fiche technique 1-45, *Air Conditioning and Ventilating Systems* et la fiche technique 7-73, *Dust Collectors and Collection Systems*, pour plus d'informations sur les types de filtres.)

Conception résistante aux chocs : désigne tout équipement dont la pression de conception est de 3 barg ou plus, lorsqu'il est conçu conformément à la norme ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, ou dont la limite élastique est de 6 barg ou plus, selon d'autres normes. Avec cette conception, l'équipement peut se déformer sans se rompre en cas d'explosion de poussière se produisant à une pression initiale (pré-explosion) inférieure à 0,1 barg.

Conception résistante aux explosions : désigne tout équipement dont la pression de conception est de 6 barg ou plus et qui ne serait pas déformé par une explosion de poussière se produisant à une pression initiale (pré-explosion) inférieure à 0,1 barg.

Construction anti-explosion : construction conçue pour minimiser les dommages dus à une déflagration (explosion) dans l'équipement ou le bâtiment. Il peut s'agir d'une construction résistante à la pression, soufflable ou d'une combinaison des deux. La plupart du temps, il s'agit d'événements réalisés avec des panneaux ou d'enceintes (bâtiments ou équipements) libérant la pression à une pression inférieure à la pression de résistance de l'enceinte.

Décharge en aigrette : décharge électrostatique entre une surface isolante (non conductrice) ayant accumulé une charge et une surface conductrice.

Difficilement inflammable, poussière : poussière dont les propriétés ont été confirmées par le protocole d'essai de FM et qui nécessite la présence d'une forte source d'ignition pour causer l'inflammation d'un nuage de poussière combustible.

Distributeur à tête tournante : dispositif, également appelé « distributeur pivotant », utilisé pour répartir les produits provenant d'une unique conduite d'alimentation entre plusieurs sorties (généralement des silos de stockage ou des bennes), par gravité ou voie pneumatique. Ce type d'équipement est fréquemment utilisé dans les activités de traitement et de stockage des grains.

EMI (énergie minimale d'inflammation) : quantité minimale d'énergie thermique libérée à un point d'un mélange combustible pour provoquer une propagation de flamme dans des conditions d'essai spécifiées. La valeur la plus basse de l'EMI, appelée LMIE, se trouve à un mélange optimal. Cette valeur est généralement considérée comme étant l'EMI.

En suspension, poussière : voir la définition de « **Poussière en suspension** ».

Épurateur : appareil utilisé pour retirer des particules et/ou des gaz d'un flux d'échappement industriel.

Épurateur-laveur : équipement utilisant un liquide comme principale méthode de séparation des particules d'un flux d'air.

Équipement ou enceinte faible : équipement capable de résister à des pressions d'explosion supérieures à 0,2 barg sans être endommagé ni détruit. Cela inclut la plupart des pièces, des bâtiments et de nombreux équipements de traitement nord-américains.

Équipement robuste : équipement capable de résister à des pressions d'explosion supérieures à 0,2 barg sans être endommagé ni détruit. Cela inclut la plupart des équipements de traitement construits ou utilisés en Europe.

Équipotentialité : connexion électrique entre deux objets conducteurs pour minimiser toute différence de potentiel électrique entre eux.

Filtre à manches : séparateur d'air et de matières (collecteur de poussière) qui sépare la poussière de la vapeur gazeuse en la filtrant à l'aide d'un système en feutre ou en tissu.

Filtre électrostatique : équipement utilisant une charge électrostatique pour collecter les poussières et les brouillards d'hydrocarbures des vapeurs gazeuses. Il peut être utilisé pour réaliser un traitement de l'air en conformité avec la réglementation en matière de pollution atmosphérique, ou filtrer un produit ou un sous-produit.

Flegmatisation : procédé de mélange de poussières inertes avec des poussières combustibles pour réduire ou éliminer le risque d'explosion.

Forte source d'ignition : une forte ignition peut fournir plus de 100 joules d'énergie.

A. Les exemples d'une forte source d'ignition incluent une flamme nue, un arc électrique ou de soudage, ou une explosion de gaz ou de poussière.

B. À l'inverse, les étincelles de frottement, de chocs mécaniques ou d'électricité statique, les cigarettes ainsi que les surfaces chaudes et les composants électriques surchauffés ne sont pas considérés comme des sources d'ignition fortes.

Galerie d'un convoyeur : structure (généralement constituée de poutres en acier) entourant et abritant une bande de convoyeur.

Garnissage : matériau de remplissage présent à l'intérieur d'un collecteur à voie humide permettant d'augmenter la surface de contact entre la vapeur gazeuse transportant la poussière et le flux liquide du collecteur. Ce matériau peut être en métal, en céramique ou même en plastique.

Industrie du tabac : désigne les installations abritant les opérations de fabrication, de mélange, d'assemblage, de traitement, d'étiquetage, de reconditionnement, de réétiquetage ou d'importation des produits du tabac : cigarettes, cigares et tabac à priser, à mâcher et pour pipe. Les cigarettes électroniques ou « vapoteuses » et autres dispositifs électroniques d'administration de nicotine sont classés comme des produits de l'industrie du tabac.

Inerte : voir la définition de « **Poussière inerte** ».

Isolement contre les explosions : système ou dispositif unique qui empêchent la propagation des effets d'explosion d'un volume à un volume adjacent.

K_{st} : la constante d'explosivité de la poussière, définie comme le taux maximal d'augmentation de pression d'une explosion de poussière dans un équipement de 1 mètre cube. Les unités sont en bars mètres par seconde (bar m/s). La méthode de test utilisée pour obtenir cette constante est standardisée dans le monde entier. Cette valeur (K_{st}) est utilisée dans tous les dimensionnements modernes d'événements d'explosion de poussière pour caractériser la réactivité (c'est-à-dire l'explosivité) d'une poussière particulière. Seules les unités métriques sont utilisées pour cette constante.

Limitation des explosions : méthodes utilisées pour réduire les dommages postérieurs à une explosion.

Limite d'élasticité : pression à laquelle une enceinte sera déformée sans rompre.

Liquide qui peut brûler : tout mélange liquide ou liquide capable d'alimenter un feu, y compris les liquides inflammables, les liquides combustibles ou toute autre référence à un liquide capable de brûler. Un liquide qui peut brûler doit avoir un point de feu.

Mise à la terre : connexion électrique entre un objet conducteur et la terre qui minimise la différence de potentiel électrique entre l'objet et la terre.

Particules fines : particules d'une taille inférieure à 75 microns.

P_{blast, max} : pression localisée résultant de la boule de feu et de la pression d'une explosion avec événements.

Plaque tubulaire : plaque de montage pour les filtres à cartouche ou les filtres à manches et tubulaires.

P_{max} : pression maximale développée dans la sphère de 20 litres lors du test des caractéristiques d'explosibilité de la poussière par la méthode ASTM E1226. Ce facteur est utilisé pour aider à dimensionner les événements d'explosion.

Poussière difficilement inflammable : sous-catégorie des poussières combustibles testées à l'aide du protocole d'essai adéquat de FM. Elle nécessite une source d'ignition plus importante que les autres poussières combustibles pour s'enflammer. Ce type de poussière est susceptible d'exploser, avec toutes les conséquences potentielles d'un tel incident. Cette définition n'est pas liée à celles énoncées dans d'autres codes et standards.

Poussière en suspension : poussière émise par les équipements de production, les gaines ou les systèmes de collecte de poussière.

Poussière inerte : poussière qui ne s'enflamme pas ni ne brûle en présence d'oxygène lorsqu'elle est exposée à une source d'ignition.

Poussière réactive : poussière qui s'enflamme et/ou brûle en présence d'oxygène lorsqu'elle est exposée à une source d'ignition.

Poussière : petites particules solides capables d'être suspendues dans l'air par coulage, soufflage, meulage, etc. Dans le cadre de cette fiche technique, elle fait uniquement référence aux poussières combustibles.

Poussière, combustible : tout matériau organique (agricole, plastique, chimique, charbon, etc.), toutes particules métalliques non oxydées ou tous autres matériaux oxydables (p. ex. stéarate de zinc) doivent être considérés comme combustibles. Les tests impliquant l'application d'une étincelle, d'une flamme de feu d'allumettes, d'une flamme de bec Bunsen ou d'un brûleur de Meker sur de petites couches ou tas de matériaux peuvent aider à identifier ces matériaux. Cela peut cependant produire des faux négatifs.

Poussière, explosive : terme établi par la norme ASTM E1226, Standard Test Method for the Explosibility of Dust Clouds ou norme internationale équivalente (par exemple, EN 14034-1, *Détermination des caractéristiques d'explosion des nuages de poussières - Partie 1 : détermination de la pression maximale d'explosion P_{max} des nuages de poussière*, et EN 14034-2, *Détermination des caractéristiques d'explosion des nuages de poussières - Partie 2 : détermination de la vitesse maximale de montée en pression de l'explosion (dp/dt)_{max} des nuages de poussières*). Une poussière qui ne s'enflamme pas dans les tests de couche ou de tas peut être considérée comme explosive dans un test de type E1226.

Par le passé, les particules de taille supérieure à 500 microns n'étaient pas considérées comme présentant un risque d'explosion de poussière. Les mélanges composés de particules de différentes tailles peuvent constituer un risque d'explosion de poussière même lorsque la taille d'une grande partie des particules de poussière est supérieure à la limite de 500 microns. En cas de doute, un test reste le meilleur moyen de déterminer l'explosivité d'un mélange.

Poussière, particules fines : voir la définition de « **Particules fines** ».

P_{red} : pression d'explosion la plus élevée dans un équipement protégé par des événements d'explosion ; exprimée habituellement en barg.

Prévention des explosions : méthodes utilisées pour empêcher une explosion en contrôlant l'air, le carburant, la source d'ignition ou une combinaison de ces méthodes.

Psia : livres par pouce carré, absolu (unité de pression).

Psig : livres par pouce carré, jauge (unité de pression).

P_{stat} : pression de décharge d'événement d'explosion ; exprimée habituellement en barg.

Rameuse textile : machine utilisée dans l'industrie textile et assurant une distribution uniforme de la chaleur sur le tissu, tout en évitant son rétrécissement au contact de la chaleur appliquée.

Réactive : voir la définition de « **Poussière réactive** ».

Résistance limite : pression à laquelle une enceinte est éventrée (rupture).

Résistance nominale : pression à laquelle un équipement peut être exposé sans risque de dommage (car un facteur de sécurité a été appliqué à la limite d'élasticité).

Séparateur d'air et de matières : terme général désignant un dispositif conçu pour séparer les poudres de l'air dans lequel elles sont transportées. Il s'agit généralement d'un cyclone ou d'un collecteur de poussière.

Silo de grains : installation utilisée pour le stockage des grains. Dans l'industrie céréalière, le silo de grains peut également être utilisé comme une tour et abriter un élévateur à godets pour transfert vertical ou un autre convoyeur pneumatique permettant de transférer des grains d'un niveau inférieur vers un silo de stockage.

Silo : grande structure en béton servant au stockage des grains. Voir également « **Benne** ».

Surpression : pression supérieure à la pression atmosphérique normale causée par l'onde de choc d'une explosion.

Tête tournante, distributeur : voir la définition de « **Distributeur à tête tournante** ».

Vannes à double clapet : agencement de deux robinets-vannes ou de deux vannes papillon en série. Un seul dispositif est ouvert à la fois. Cette vanne est souvent utilisée lorsque le matériau déchargé d'un équipement est acheminé par gravité vers un autre équipement (c'est-à-dire non transporté de manière pneumatique), tel qu'un collecteur de poussière se déchargeant dans une trémie en dessous, un mélangeur de matériau ou un broyeur se déchargeant dans un système de transport pneumatique.

ANNEXE B HISTORIQUE DE RÉVISION DU DOCUMENT

L'objet de cette annexe est de rendre compte des modifications apportées à ce document à chacune de ses publications. Veuillez noter que les numéros de section se réfèrent spécifiquement à ceux de la version publiée à la date indiquée. En d'autres termes, les numéros de section peuvent varier d'une version à l'autre.

Octobre 2024. Ce document a fait l'objet d'une révision complète et regroupe plusieurs documents existants. Les principales modifications sont les suivantes :

- A. Titre remplacé par *Poussières combustibles* (ancien titre : *Prévention et réduction des risques d'incendie et d'explosion de poussières combustibles*).
- B. Ajout de recommandations tirées de la fiche technique 7-73 de FM, *Dust Collectors and Collection Systems*, devenue obsolète.
- C. Ajout de recommandations tirées de la fiche technique 7-75 de FM, *Grain Storage and Milling*, devenue obsolète.
- D. Ajout de nouvelles recommandations relatives à l'évaluation des propriétés des poussières combustibles, qui permettent d'améliorer l'évaluation des risques et l'élaboration de stratégies de réduction des risques.
- E. Mise à jour des recommandations relatives à la détermination des risques d'explosion liés aux locaux, aux bâtiments et aux équipements.
- F. Ajout de nouvelles recommandations relatives aux essais des poussières et mélanges de poussières incombustibles.
- G. Mise à jour des recommandations relatives à l'évaluation et au traitement de l'accumulation de poussière en suspension à l'intérieur des bâtiments et des locaux.
- H. Mise à jour des recommandations relatives aux collecteurs de poussière ouverts à des fins d'harmonisation avec les recommandations actuelles du pôle de recherche de FM au sujet des risques d'explosion liés à ces appareils.
- I. Ajout de nouvelles recommandations relatives aux risques liés aux filtres à tambour horizontaux (sous-ensemble des collecteurs de poussière ouverts).

J. Révision des recommandations en matière de protection incendie des séchoirs par atomisation afin de se référer à la fiche technique 6-9 de FM, *Industrial Ovens and Dryers*.

K. Déplacement des recommandations relatives à l'isolement des équipements à l'annexe E.

Juillet 2020. Révision intermédiaire. Les modifications importantes suivantes ont été apportées :

A. Mise à jour des recommandations afin d'assurer la cohérence avec de récentes modifications apportées à la fiche technique 7-73, *Dust Collectors and Collection Systems*.

B. Ajout de recommandations sur la méthode par soufflage (figurant précédemment dans la fiche technique 7-73).

C. Mise à jour des recommandations sur les poussières difficilement inflammables.

D. Réorganisation du document afin qu'il soit plus cohérent avec les autres fiches techniques.

Avril 2017. Révision intermédiaire. La recommandation 2.7.2.3 sur la protection des élévateurs à godets a été modifiée pour plus de clarté.

Janvier 2017. Révision intermédiaire. Les modifications suivantes ont été apportées :

A. Ajout d'un nouveau matériau sur la fabrication additive (impression 3D).

B. Élargissement des critères de conception des événements d'explosion et ajout de critères de protection contre les incendies pour les élévateurs à godets.

C. Ajout d'un nouveau matériau sur les collecteurs de poussière ouverts.

D. Informations étendues sur l'application correcte des systèmes d'évent avec arrête-flamme (tubes et tuyaux de décharge).

E. Modifications éditoriales.

Octobre 2014. Révision intermédiaire. La définition d'une poussière explosive a été modifiée pour s'aligner sur les pratiques de l'industrie en supprimant la limite de taille de particules spécifique.

Janvier 2014. Changements éditoriaux mineurs.

Avril 2013. Changements éditoriaux mineurs.

Janvier 2012. La terminologie relative aux liquides qui peuvent brûler a été révisée afin d'améliorer la clarté et la cohérence des recommandations de prévention des sinistres de FM relatives aux risques liés aux liquides qui peuvent brûler.

Mars 2009. Modifications mineures apportées au texte de la fiche technique.

Janvier 2009. L'équation de la section 2.4.2.2.1 a été corrigée.

Mai 2008. Le document a été réorganisé pour plus de clarté et de facilité d'utilisation, en particulier les recommandations.

Ajout de conseils en matière de construction et emplacement sur les lieux préférés pour les activités présentant un risque associé à la poussière.

Accent mis sur les éléments d'élimination ou de réduction des risques d'explosion.

Ajout de réducteurs comme méthode d'isolement.

Les critères des ventilateurs et des souffleries situés dans des flux de poussière fugitive, où ils peuvent devenir une source d'ignition dans une atmosphère pouvant dépasser la CME, ont été affinés.

Simplification des critères de protection des équipements dont la robustesse est inconnue.

Résolution des incohérences avec d'autres fiches techniques, notamment la fiche technique 7-73, *Dust Collectors*.

Simplification de la section Recommandations.

Mai 2006. Changements éditoriaux mineurs apportés au cours de cette révision.

La nouvelle section 3.2.3.9.1, Masse type de l'événement réalisé avec des panneaux (inertie) a été ajoutée.

Mai 2005. Ajout de recommandations pour la mise en œuvre d'une gestion d'un programme de changement.

Janvier 2005. Modifications éditoriales mineures

Mai 2004. Modifications éditoriales mineures

Mai 2003. Modifications éditoriales mineures

Janvier 2001. Le document a été réorganisé pour proposer un format cohérent.

Août 1995. Révisions majeures mettant en œuvre la technologie de dimensionnement des événements basée sur le K_{st} et abandonnant la méthode précédente de surface d'événement par volume protégé.

Cette fiche technique inclut de nombreuses nouvelles recommandations qui n'étaient pas dans l'édition 1976, mais de nombreux emplacements nécessiteront une protection inférieure à celle requise par la version précédente. Les exceptions suivantes s'appliquent aux exigences générales de protection contre les explosions :

- L'événement d'explosion n'est pas nécessaire pour les cyclones qui traitent des poussières dont le K_{st} est inférieur à 80 (faiblement explosif) et possèdent une sortie de gaz ouverte sur la partie supérieure, dont le diamètre est égal ou supérieur à 45 % du diamètre du cyclone.
- Les systèmes fonctionnant à une pression inférieure à 0,1 bara ne nécessitent aucune protection.
- Les séchoirs par atomisation nécessitent une valeur réduite d'événement d'explosion par rapport aux autres équipements ayant le même volume. Remarque : la surface d'événement d'explosion des séchoirs par atomisation et des autres équipements est désormais calculée à l'aide du logiciel DustCalc de FM.

ANNEXE C ÉVÉNEMENTS D'EXPLOSION

C.1 Événements d'explosion pour les bâtiments

C.1.1 Installer des murs soufflables canalisant le souffle de l'explosion vers un lieu sûr. Ne pas exposer les bâtiments, utilités ou équipements importants.

C.1.2 Tenir compte des charges de vent lors du réglage de la pression de décharge (P_{stat}) du mur soufflable afin d'éviter des décharges inutiles en cas de vents violents.

C.1.3 Ne pas utiliser la toiture en guise de dispositif de décharge d'explosion, sauf dans les cas indiqués ci-dessous :

A. Si les murs ne peuvent pas offrir la surface de décharge d'explosion requise, réaliser une étude technique afin de confirmer si la toiture peut fournir une partie de cette surface.

B. En cas d'installation d'événements d'explosion/de dispositifs de décharge en toiture :

1. Positionner les événements d'explosion à un angle minimum de 60°, soit sur une toiture inclinée à cet angle, soit en projection au-dessus de la ligne de toit (voir la figure C.1.3-A).
2. Pour les événements projetés au-dessus de la ligne de toit, la surface d'ouverture de l'événement à utiliser dans les calculs de dimensionnement des événements est la plus petite section transversale à travers laquelle les gaz de combustion doivent s'écouler.

C. Dans les zones sujettes aux chutes de neige et au gel, empêcher l'accumulation de neige et la formation de glace sur l'événement d'explosion comme suit :

1. Prévoir un traçage thermique le long du périmètre et sur la surface de l'événement d'explosion.
2. Le traçage thermique peut être laissé en fonctionnement en permanence, ou un système peut être utilisé pour le déclencher automatiquement lorsque la température extérieure descend à 0 °C ou moins.
3. Le câblage du traçage thermique comporte suffisamment de mou pour permettre à l'événement d'explosion de se déployer comme prévu.
4. L'installation d'événements d'explosion sans isolation constituerait une solution alternative acceptable au traçage thermique. Ces événements permettent à la chaleur du bâtiment de faire fondre la neige ou la glace. Anticiper la formation de condensation sous l'événement d'explosion et prendre les mesures nécessaires pour éviter tout problème.

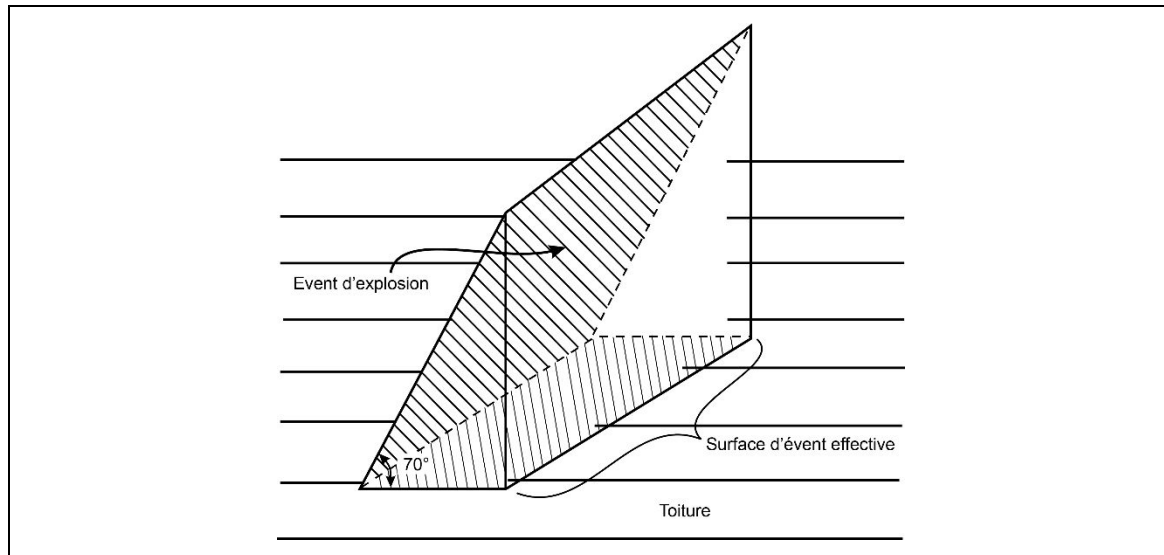


Fig. C.1.3-A. Schéma des événements d'explosion en toiture qui projettent au-delà de la ligne de toiture

C.1.4 Lorsque les événements d'explosion s'écartent au lieu de se rompre, utiliser des dispositifs de gravité ou mécaniques pour éviter qu'ils ne se referment.

C.1.5 En cas d'explosion, procéder comme suit pour éviter la projection incontrôlée d'événements d'explosion réalisés avec des panneaux susceptibles de se transformer en projectiles :

- A. Installer des câbles de retenue pour limiter le mouvement de l'événement.
- B. Attacher les câbles de retenue à deux angles maximum, en vous assurant que les angles attachés sont adjacents.
- C. Pour éviter que les panneaux attachés ne se retournent dans l'ouverture de l'événement après l'explosion, effectuer les fixations sur le côté ou le bas du panneau plutôt que sur le dessus. Si des câbles de retenue sont utilisés, calculer la longueur minimale d'attache conformément aux recommandations de la section 3.1.9.
- D. Si la longueur du câble de retenue est inférieure à celle spécifiée ci-dessus, considérer l'événement d'explosion comme un panneau articulé lors des calculs de la surface d'événement et de la pression de l'événement d'explosion (P_{red}). L'inconvénient créé par des câbles de retenue courts sur le processus d'événement est ainsi pris en compte.
- E. L'installation de câbles de retenue aux quatre angles de l'événement est acceptable si la longueur du câble dépasse le minimum spécifié au point D. Toute longueur inférieure limite la surface d'événement à l'espace annulaire déterminé par la longueur du câble et les dimensions du panneau.

C.1.6 Construire des événements d'explosion avec des matériaux aussi légers que possible (masse par unité de surface) afin de réduire la surface d'événement requise.

C.1.7 Éviter les fenêtres et/ou les autres ouvertures (passages de câbles, portes, etc.) dans les murs résistants à la pression. Si nécessaire, ces passages devraient être conçus pour résister à une pression identique à celle supportée par le mur et devraient être obturés avec des matériaux incombustibles afin d'être étanches à la poussière.

C.1.8 Concevoir les gaines qui traversent des murs résistants à la pression de manière à éviter toute déformation au niveau de la jonction avec le mur.

C.2 Événements d'explosion pour les équipements

C.2.1 Généralités

C.2.1.1 Placer les équipements présentant des risques d'explosion à l'extérieur des bâtiments.

C.2.1.2 Lorsque des équipements de ce type se trouvent à l'intérieur de bâtiments, les positionner le long d'un mur extérieur de sorte que l'événement d'explosion puisse être canalisé vers l'extérieur.

C.2.1.3 Ne pas utiliser de construction anti-explosion pour maîtriser une explosion impliquant des poussières métalliques combustibles.

C.2.1.4 Installer des gaines d'événement permettant d'acheminer la flamme, les produits de combustion et la pression produite par une déflagration vers une zone sûre conformément aux instructions suivantes :

A. Canaliser l'événement vers une zone sécurisée à l'extérieur.

B. Ne pas placer d'objets sur le passage des événements d'explosion.

C. Utiliser uniquement des sections de gaines droites.

D. Limiter le rapport longueur/diamètre (L/D) de la gaine à 1. Pour les gaines non circulaires, le diamètre équivalent (D_{eff}) peut être calculé comme suit :

$$D_{eff} = \sqrt{\frac{4A_d}{\pi}}$$

Où A_d est la section transversale de la gaine (en m^2).

E. S'assurer que la gaine de l'événement présente une résistance au moins égale à la P_{red} de l'équipement.

F. Ne pas boucher l'extrémité de décharge de la gaine afin de ne pas obstruer l'évacuation libre de la pression ou des produits de combustion déchargés.

G. Lorsque les conditions ci-dessus ne peuvent pas être remplies, calculer l'effet sur la surface d'événement à l'aide du logiciel DustCalc de FM.

C.2.1.5 Lorsque les événements d'explosion peuvent se refermer et qu'aucune autre ouverture ne peut aspirer de l'air, prévoir des dispositifs de décompression. Cette fermeture pourrait en effet créer des conditions de vide susceptibles de faire imploser l'appareil.

C.2.1.5.1 Lors de l'utilisation de câbles de retenue pour éviter qu'un événement d'explosion ne soit projeté, calculer la longueur minimale d'attache afin d'empêcher l'événement de se refermer en utilisant l'équation suivante :

$$l \geq \frac{(a \times b)}{2 \times (a+b)}$$

où :

l = longueur des câbles de retenue

a, b = dimensions latérales de l'événement d'explosion

C.2.1.6 Lorsque les dispositifs d'événement sont plus lourds que les membranes légères, calculer l'effet sur la surface d'événement à l'aide du logiciel DustCalc de FM.

C.2.1.7 Les événements d'explosion qui sont des membranes de rupture (des disques de rupture préfabriqués, des feuilles d'aluminium, etc.) ne présentent pratiquement aucune inertie et ne nécessitent aucun ajustement de la surface d'événement d'explosion requise.

C.2.1.8 Lorsqu'un tamis métallique ou un autre obstacle doit être présent entre un événement d'explosion et l'atmosphère libre, ajuster la surface utile de l'événement pour compenser sa perte d'efficacité de la façon suivante :

A. Si le tamis ou l'obstacle est inférieur à 15 % de la surface de l'événement d'explosion, aucun ajustement n'est nécessaire.

B. Un écran ou un obstacle occupant de 15 à 40 % de la surface de l'événement d'explosion réduira la surface effective de ce dernier. Calculer la surface efficace de l'événement d'explosion en utilisant la formule suivante :

$$Moy. efficace = Moy. effective \times \frac{115 - \% \text{ de blocage}}{100}$$

C. Si le tamis ou l'obstacle occupe plus de 40 % de la surface de l'événement d'explosion, le blocage est excessif. Remplacer le tamis ou l'obstacle par un élément créant un blocage moins important.

D. Si des barrières anti-explosion ont été installées, évaluer leurs effets sur les équipements et procédés situés à proximité à l'aide de calculs et des plans conformes à l'exécution de ces barrières. Ces informations devraient au minimum inclure la taille ainsi que le facteur de réduction de l'explosion dû à la distance, à l'efficacité et à l'angle.

C.2.1.9 Prévoir une distance équivalant à au moins deux diamètres d'événement d'explosion entre une sortie d'événement d'explosion (face d'un événement d'explosion ou d'une gaine d'événement) et tout obstacle fixe et plat de grande taille (un mur, par exemple). Lorsqu'un événement d'explosion non circulaire est installé, utiliser sa dimension la plus grande à la place du diamètre.

C.2.1.10 Lorsqu'une housse de protection contre les intempéries (« chapeau de pluie ») est fournie à l'extrémité d'une gaine d'événement d'explosion, estimer l'effet sur l'efficacité de l'événement de la façon suivante :

A. Si la distance entre l'extrémité de la gaine et le chapeau de pluie est au minimum égale à un diamètre d'événement d'explosion, l'efficacité n'est pas compromise.

B. Si la distance est comprise entre 1/4 de diamètre et 1 diamètre d'événement d'explosion, considérer le chapeau de pluie comme un coude à 90° dans le flux de l'événement lors du calcul de l'effet de la gaine d'événement.

C. Une distance inférieure à 1/4 de diamètre de l'événement d'explosion est inacceptable, sauf si la housse est conçue pour se détacher en cas d'explosion.

Pour les gaines non circulaires, utiliser le diamètre hydraulique pour ces calculs.

C.2.1.11 Pour les sorties d'événement d'explosion présentant des coupes transversales autres que circulaires, utiliser le diamètre hydraulique calculé ci-dessous.

$$\text{Diamètre hydraulique} = \frac{4A}{p}$$

où :

A = surface de la section de l'événement

P = périmètre de la section

C.2.1.12 Installation d'événements d'explosion proscrite dans les cas suivants :

A. La poussière ou ses produits de combustion sont toxiques.

B. La poussière ou ses produits de combustion sont radioactifs.

C. La poussière ou ses produits de combustion sont corrosifs pour les structures ou équipements situés à proximité.

D. La poussière ne doit pas être évacuée d'un système fermé, pour toute autre raison.

Des solutions alternatives aux événements d'explosion devraient alors être utilisées.

C.2.1.13 Lorsqu'un équipement nécessitant un événement d'explosion présente des obstacles importants au débit libre de gaz, l'installation d'un événement de grande taille peut être entravée par ces obstacles. L'utilisation de plusieurs événements d'explosion plus petits répartis à différents endroits autour de l'appareil permet de réduire les effets liés à ces obstacles. Le cas échéant, la surface d'événement totale formée par ces différents événements devrait être égale ou supérieure à la surface d'événement, conformément aux indications de DustCalc. (Voir la section C-3.6 pour plus d'informations.)

C.2.2 Appareils fonctionnant à des pressions supérieures à 0,1 barg

C.2.2.1 Lors du calcul de la surface d'évent requise pour un appareil présentant un risque d'explosion de poussière et fonctionnant à des pressions supérieures à 0,1 barg, mettre en œuvre les recommandations suivantes :

- A. Régler la pression de décharge de l'évent, P_{stat} , au-dessus de la pression de service maximale d'au moins 0,1 barg.
- B. Obtenir les critères de dimensionnement des événements auprès d'experts connaissant l'évacuation d'une explosion à haute pression initiale.

Ces appareils nécessitent une analyse approfondie. Le logiciel DustCalc de FM peut gérer une pression initiale jusqu'à 4 barg pour les explosions à plein volume.

C.2.3 Forces de recul

C.2.3.1 Les forces de recul dues à l'évacuation d'une explosion peuvent déloger même les équipements de grande taille s'ils ne sont pas correctement ancrés. Appliquer une des méthodes suivantes pour contrôler les forces de recul :

- A. Prévoir des événements de dimensionnement égal sur les côtés opposés de l'équipement.
- B. Calculer l'amplitude et la durée de la force de recul dynamique (ou une force statique équivalente) à partir d'un événement et prévoir un ancrage capable de résister à ces forces.

C.3 Informations complémentaires

C.3.1 Robustesse des équipements

Une conception de l'évent d'explosion basée sur des valeurs P_{red} qui prennent en compte la déformation de l'équipement évite sa défaillance catastrophique et permet aux forces et aux produits d'une explosion de se déplacer en toute sécurité à travers l'évent. Toutefois, cela peut empêcher l'équipement d'être utilisé ultérieurement.

Si les données relatives à la robustesse des équipements ne sont pas disponibles et que les valeurs théoriques de 0,2 à 0,3 barg de P_{red} sont utilisées pour le dimensionnement des événements d'explosion, les équipements présentant une conception classique ne seront probablement pas déformés en cas d'explosion. Il y a toutefois un risque de déformation. Les différences de conception peuvent rendre un équipement plus faible que d'autres équipements apparemment comparables. Dans la plupart des cas, les valeurs théoriques sont suffisamment conservatrices pour empêcher la rupture des équipements. Les estimations de la pression supportable par un type d'équipement générique impliquent des incertitudes. En cas d'évaluation ou de planification de la protection d'un équipement, il est toujours préférable de se procurer des informations sur la conception réelle de ce dernier.

Les mentions relatives à la détermination de la capacité d'un appareil à résister à une explosion basée sur les différences de conception, l'élasticité et la résistance limite ont été supprimées de ce document.

Dans les cas où le calcul de résistance est inconnu, il peut être difficile de recueillir ces informations. Il convient alors de collecter le plus d'informations possible afin de réaliser une analyse plus approfondie pour détecter d'éventuelles anomalies. Cette analyse peut nécessiter la collaboration d'un ingénieur concepteur afin de déterminer la résistance de l'appareil concerné.

C.3.2 Effets de la masse de l'évent d'explosion (inertie)

Un événement d'explosion réalisé avec des panneaux lourds met plus de temps à s'ouvrir qu'un événement de dimensionnement similaire réalisé avec des panneaux légers et peut produire des pressions plus élevées à l'intérieur de l'enceinte protégée. Comme le délai est une fonction continue du poids de l'évent, son effet doit être évalué chaque fois que l'inertie d'un événement est supérieure à zéro.

Les membranes de rupture, qui sont généralement des tôles très fines en métal ou en film plastique, sont des dispositifs à inertie nulle. Toutefois, l'effet de tout autre type d'événement réalisé avec des panneaux ne peut pas être négligé et doit être calculé.

DustCalc utilise des données générées par de nombreuses entreprises à l'échelle mondiale en respectant un cadre théorique afin de fournir des prévisions efficaces des effets d'inertie de la masse de l'événement d'explosion.

Voici des exemples de matériaux pouvant être utilisés comme événements ou panneaux muraux avec événements d'explosion, accompagnés de leur masse :

- Panneaux métalliques à simple peau : 10 kg/m²
- Panneaux sandwich métalliques isolés : 15 à 20 kg/m²
- Événement d'explosion agréé FM : 12 kg/m²
- Panneau Kalwall agréé FM : 12 kg/m²

Remarque : les matériaux suivants présentent une dimension supplémentaire, exprimée en centimètres.

- Panneau de plâtre : 8 kg/m²/cm
- Acier : 77 kg/m²/cm
- Aluminium : 27 kg/m²/cm
- Verre : 29 kg/m²/cm
- Béton : 23 kg/m²/cm

C.3.3 Effet des gaines d'événements d'explosion

L'effet des gaines d'événements doit être anticipé dans le dimensionnement des événements d'explosion. Positionner une gaine côté décharge d'un événement d'explosion peut affecter considérablement la pression à l'intérieur de l'enceinte. En fonction de la longueur et du diamètre de la gaine d'événement, la valeur P_{red} peut être multipliée jusqu'à 10 fois, ce qui est généralement suffisant pour détruire complètement l'équipement protégé.

La valeur P_{red} augmentant fortement à mesure que la longueur de la gaine d'événement s'accroît, les équipements à faible résistance ne peuvent généralement pas être protégés par des gaines d'événements si le rapport L/D de la gaine dépasse une valeur de un à deux, sauf si le dimensionnement de l'événement est proportionnellement augmenté.

Même si l'installation d'une gaine d'événement d'explosion dont la section transversale est inférieure à celle de l'événement augmente la valeur P_{red} (et aggrave la situation), l'utilisation d'une gaine dont la section transversale est plus grande que la surface de l'événement d'explosion ne permet pas d'abaisser la P_{red} .

Le logiciel DustCalc de FM calcule facilement les effets causés par les gaines d'événements.

C.3.4 Fermeture des événements d'explosion

Une fois que la combustion de la poussière à l'intérieur d'un local ou d'un équipement est terminée et que des gaz ne sont plus produits pour générer de la pression, les événements d'explosion pouvant se refermer par gravité se fermeront. Les gaz de combustion très chauds piégés dans le local ou l'équipement commencent à refroidir et, à moins que de l'air frais ne pénètre suffisamment rapidement dans l'enceinte (via un dispositif de décompression correctement dimensionné, par exemple), cela produit un vide. Ce vide peut endommager l'équipement ou entraîner l'implosion de l'équipement. Dans les locaux ou les bâtiments, les dommages causés par le vide produit sont moins importants, mais demeurent possibles.

C.3.5 Obstacles fixes à proximité de la façade des événements d'explosion

Un obstacle fixe trop proche de l'ouverture de l'événement d'explosion d'un équipement crée une résistance importante à l'écoulement libre des produits de combustion provenant de l'équipement après évacuation de l'explosion. Ce phénomène est principalement dû à l'inflammation de la poussière après son éjection de l'équipement protégé. La combustion se produit dans la zone semi-confinée entre l'équipement et l'obstacle, et a des effets de contre-pression importants sur l'explosion de l'équipement. Les données relatives à ce phénomène sont limitées, et il est impossible d'en quantifier les effets. Par ailleurs, il est impossible de fournir des recommandations sur les distances de sécurité jusqu'aux obstacles non plats, en raison de la complexité des effets des différentes géométries produisant un confinement partiel. La seule mesure de sécurité consiste à situer et à orienter les événements d'explosion, afin qu'ils ne pointent pas vers les surfaces voisines.

C.3.6 Distribution des événements d'explosion

Pour garantir une bonne distribution des événements d'explosion sur un équipement protégé contenant des obstacles importants, les recommandations suivantes devraient être prises en considération :

- A. Si un événement d'explosion est obstrué, l'écoulement des gaz sera moins rapide qu'avec un événement d'explosion totalement dépourvu d'obstacles. Par conséquent, la pression de l'événement d'explosion P_{red} peut dépasser le niveau prévu.
- B. Si les gaz se dirigeant vers l'événement passent au-dessus d'obstacles importants, les turbulences augmentent considérablement dans l'équipement. Comme le taux d'augmentation de la pression d'une explosion s'élève avec l'intensification des turbulences, les obstacles peuvent aggraver l'explosion.
- C. Les événements répartis dans l'ensemble d'une enceinte permettent de garantir que les gaz évacués pendant l'explosion empruntent le chemin le plus court hors de l'enceinte.

ANNEXE D SYSTÈMES D'ÉVENT AVEC DISPOSITIF ARRÊTE-FLAMME AGRÉÉS FM

D.1 Informations complémentaires

Un événement d'explosion avec dispositif arrête-flamme est similaire à un arrête-flammes monté sur un événement d'explosion de type disque de rupture (voir la figure D.1-1). Ce dispositif est également appelé « événement d'explosion avec arrête-flamme », « dispositif arrête-flamme et de rétention des particules », « tube de décharge » ou « tuyau de décharge ». Le composant arrête-flamme réduit la surface d'évén effective par rapport à celle d'un événement ouvert.

Les systèmes d'évén avec dispositif arrête-flamme constituent un type de dispositif de protection anti-explosion pouvant être utilisé à la place des événements d'explosion traditionnels ou d'autres systèmes de protection, le cas échéant.

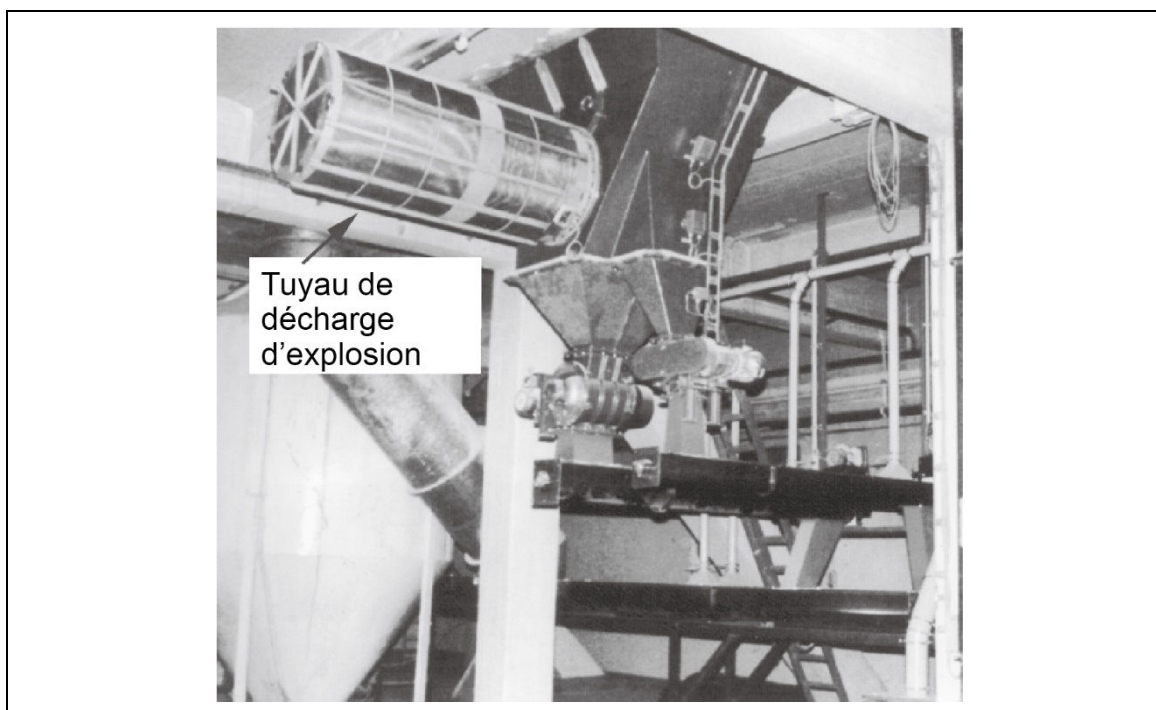


Fig. D.1-1. Système d'évén avec arrête-flamme agréé FM (photo de Rembe GmbH)

Lors de l'utilisation de systèmes d'évén avec arrête-flamme, les facteurs suivants devraient être pris en compte :

- A. Valeurs K_{St} et P_{max} de la poussière : déterminent la surface d'évén de l'appareil protégé.

B. Type de poussière : les poussières non fondues, fondues ou fibreuses ont un effet sur le facteur d'efficacité du système d'évent avec arrête-flamme.

C. Poussières métalliques : il n'existe actuellement aucun appareil agréé FM utilisable avec des poussières métalliques.

D. Facteur d'efficacité (h_{total}) : fraction numérique (0,99 ou moins) représentant la valeur effective de la surface d'évent une fois l'impact des composants arrête-flamme du dispositif pris en compte. Dans les listes du guide des produits agréés FM, ce facteur il est principalement représenté par la « surface d'évent effective ». Dans les normes européennes (EN), il est signalé comme « Efficiency (E_f) ». La méthodologie de calcul de l'efficacité est différente de celle utilisée lors des essais de FM Approvals.

E. Volume maximal protégé (VMP) : ce facteur est limité par la charge de la poussière sur le dispositif ($m_{st,max}$) et la charge de la poussière par surface d'évent nominale (g/cm^2). Cette charge est directement liée à la concentration nominale de poussière utilisée dans les tests d'homologation (g/m^3).

Pour les applications réelles, le chargement de conception est basé sur la concentration (C_{st}) de la poussière utilisée pour déterminer le dimensionnement de l'évent. La valeur C_{st} correspond à la concentration déterminée par un test au cours duquel K_{st} et P_{max} se produisent. Dans la pratique, il peut être nécessaire d'ajuster le VMP si la C_{st} est différente de la charge de poussière utilisée pour le test. Le facteur d'ajustement est :

$$V_{max2} = V_{max1} \times (C_{st1}/C_{st2})$$

où :

V_{max1} = VMP répertorié

V_{max2} = Volume corrigé pour C_{st}

C_{st1} = Concentration utilisée dans le test d'homologation

C_{st2} = Concentration de la poussière de conception déterminée par les tests

Pour choisir un système d'évent avec arrête-flamme adéquat, calculer la surface d'évent requise pour l'application, puis utiliser la surface d'évent effective indiquée dans le *guide des produits agréés FM* pour sélectionner le dispositif susceptible de fournir au minimum la surface d'évent requise. Cela peut nécessiter un ou plusieurs dispositifs. Certains fabricants limitent le nombre de systèmes d'évent avec arrête-flamme pouvant être installés sur l'équipement à protéger. Lorsqu'il est impossible de contourner cette restriction, d'autres mesures de protection peuvent être nécessaires.

Les systèmes d'évent avec arrête-flamme sélectionnés ne doivent pas dépasser le VMP. Lorsque plusieurs dispositifs sont utilisés pour fournir la capacité de ventilation requise, le VMP de chacun d'eux devrait être ajouté afin de déterminer le VMP total. Par exemple, si deux dispositifs présentant chacun un VMP de 3,1 m³ sont utilisés, le volume de l'équipement à protéger est limité à 6,2 m³.

Lorsque l'explosion est évacuée via le système d'évent avec arrête-flamme, toute poussière brûlée ou non brûlée est conservée, les gaz de combustion sont refroidis, et aucune flamme ne sort du tuyau de décharge. En outre, les effets de l'explosion du champ proche (pression) en dehors de l'évent sont considérablement réduits. Par conséquent, une explosion peut être évacuée en toute sécurité à l'intérieur via le dispositif, sans craindre d'enflammer les matériaux combustibles voisins ou de créer une pression dévastatrice dans le local. Toutefois, les gaz de sortie sont chauds (environ 100 °C).

La liste de tous les dispositifs agréés FM inclut leur efficacité d'évent, qui représente le facteur de réduction de la surface d'évent effective du dispositif. Ce facteur est différent du calcul de l'effet de pression ci-dessus.

Les dispositifs de protection anti-explosion avec arrête-flamme constituent un type d'évent d'explosion. Ils peuvent donc être utilisés dans les mêmes zones qu'un événement d'explosion traditionnel, en tenant compte des limitations spécifiques relatives aux systèmes d'évent avec arrête-flamme.

ANNEXE E ISOLEMENT D'EXPLOSION

E.1 Généralités

La propagation d'une explosion entre des équipements raccordés peut favoriser sa progression à travers un système interconnecté. De plus, elle peut créer un effet d'accumulation de la pression (voir la section E.3 pour plus d'informations). Dans ce cas, une pression d'explosion élevée est générée, susceptible d'entraîner

la rupture des équipements raccordés et de provoquer des dommages matériels plus importants ou une interruption prolongée de l'activité.

Deux types de dispositifs d'isolement sont couramment utilisés.

1. Isolement mécanique : clapets rotatifs, vannes à action rapide, systèmes de dérivation de front de flamme/d'explosion, vannes guillotine à fermeture rapide, vannes à double clapet et amortisseurs de souffle.
2. Systèmes d'isolation/de blocage chimique : créent un rideau chimique faisant obstacle au front de flamme de l'explosion.

Pour les équipements conçus pour résister à une explosion, les dispositifs d'isolement mécanique installés en aval et en amont devraient avoir une résistance similaire à celle des équipements protégés. Cette mesure permet d'éviter une défaillance de l'équipement et un point faible potentiel.

Sur les équipements munis d'un événement d'explosion, les dispositifs d'isolement mécanique devraient être conçus pour résister à la pression de conception réduite (P_{red}).

Lors de l'utilisation de systèmes d'isolation (ou de blocage) chimique, les facteurs suivants devraient être pris en compte :

- A. Volume de gaine protégé par le système (cette valeur peut inclure le volume le plus élevé issu des résultats des tests consignés).
- B. Volume réel que doit protéger le système de blocage.
- C. Résistance de la gaine et valeur P_{red} .
- D. Valeur P_{red} de l'explosion la plus défavorable.
- E. Configuration des dispositifs SRD (débit de décharge effectif).
- F. Type de combustible (matériau présent dans la gaine nécessitant une protection).
- G. Type et délai de détection du système de blocage (d'isolation).
- H. Débit du produit d'élimination.
- I. Délai d'introduction du produit d'élimination dans le volume à protéger.
- J. Type et quantité de produit d'élimination utilisé.
- K. Plans du système proposé/installé.
- L. Code ou standard (ou norme nationale équivalente) de conception du système.
- M. Si les appareils ne sont pas certifiés selon un code reconnu, fournir leur documentation signée par un ingénieur (ou un autre professionnel possédant une qualification nationale équivalente), précisant les méthodes et les critères de conception, ainsi que les facteurs de sécurité utilisés.

E.2 Recommandations spécifiques aux équipements d'isolement

E.2.1 Vannes d'isolement à action rapide

E.2.1.1 Lors de l'installation de vannes d'isolement (à flotteur) à action rapide, procéder de la manière suivante :

- A. Monter la vanne à une distance minimale de 5 m et maximale de 12,5 m de l'équipement où l'explosion se déclenche.
- B. Vérifier que la valeur P_{stat} (pression d'ouverture de l'événement) pour les équipements munis d'événements d'explosion en amont ou en aval de la vanne d'isolement à flotteur dépasse la pression différentielle requise pour fermer la vanne, généralement environ 0,1 barg.
- C. Si la valeur P_{stat} est inférieure à la pression différentielle requise, prévoir un autre mécanisme de fermeture en installant un système de détection optique au niveau de la source d'explosion afin de déclencher la libération rapide du gaz comprimé près de la vanne flottante pour forcer sa fermeture.

D. Ne pas placer de vanne d'isolement à flotteur dans un flux d'air qui présente une charge importante de poussière abrasive susceptible d'user prématurément les surfaces du flotteur mobile.

Le modèle VENTEX ESI (figure E.2.1-1) figure parmi les exemples de vannes de ce type.

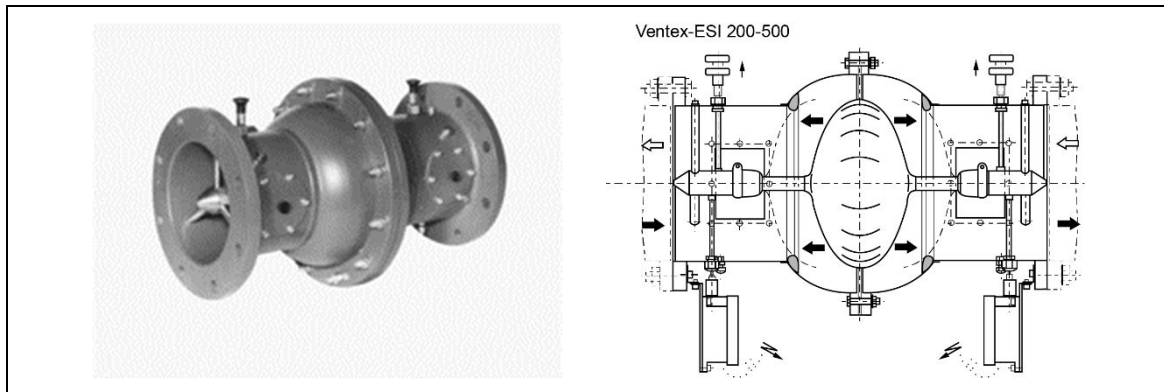


Fig. E.2.1-1. Vanne à flotteur à action rapide (VENTEX ESI®)

E.2.2 Systèmes de dérivation de front de flamme ou d'explosion

Ne pas installer de systèmes de dérivation de front de flamme ou d'explosion (figures E.2.2-1 et E.2.2-2) en amont d'un dispositif de déplacement d'air, car une explosion à ce niveau peut se propager au-delà du système de dérivation.

Ne pas utiliser de systèmes de dérivation d'explosion dans des flux d'air qui présentent une charge importante de poussière abrasive susceptible d'éroder le couvercle du répartiteur de décharge de pression et de s'échapper.

Ne pas utiliser de systèmes de dérivation d'explosion pour les mélanges hybrides si la vapeur inflammable dépasse la LIE.

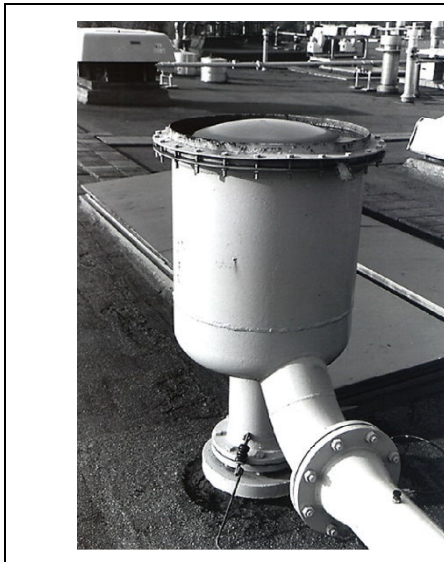


Fig. E.2.2-1. Système de dérivation d'explosion

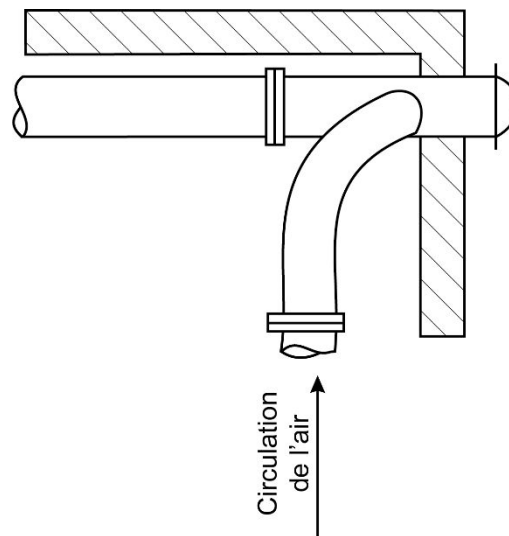


Fig. E.2.2-2. Installation en intérieur d'un système de dérivation d'explosion

E.2.3 Vannes guillotine à fermeture rapide

Lors de l'installation de vannes guillotine à fermeture rapide (figure E.2.3-1), procéder de la manière suivante :

- A. Actionner la vanne guillotine à fermeture rapide par le biais d'un système de détection de pression ou de détection infrarouge d'explosion dans l'équipement en amont susceptible de subir l'explosion.
- B. Vérifier que la réinitialisation de la vanne guillotine est manuelle. Ne pas utiliser de réinitialisation automatique.

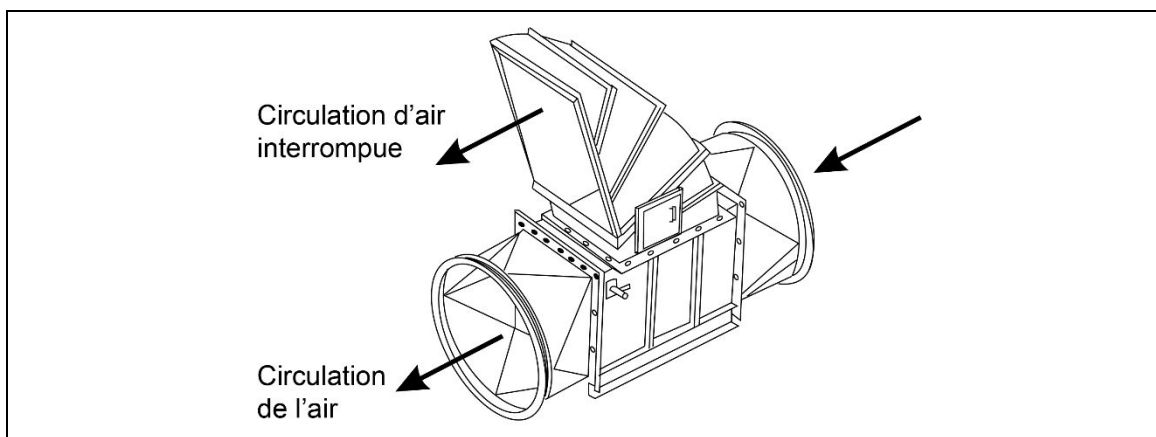


Fig. E.2.3-1. Vanne guillotine à fermeture rapide

E.2.4 Vannes à double clapet

Lorsqu'une vanne à double clapet est utilisée comme dispositif d'isolement, installer un dispositif d'asservissement pour s'assurer que les deux vannes ne s'ouvrent pas simultanément.

E.2.5 Amortisseurs de souffle

Lorsqu'un amortisseur de souffle est utilisé comme dispositif d'isolement, vérifier qu'il est équipé d'un événement d'explosion en aval du flux normal dans le système.

E.2.6 Réducteurs

Les réducteurs permettent l'accumulation de matière à travers laquelle une explosion ne peut pas se propager.

Lorsque des réducteurs sont utilisés pour contrôler la propagation des explosions, les recommandations suivantes s'appliquent :

- A. L'utilisation de clapets rotatifs comme réducteurs est acceptable s'ils respectent l'ensemble des critères énoncés à la section 2.5.4.
- B. Les clapets rotatifs ne respectant pas toutes les conditions présentées à la section 2.5.4 peuvent servir de réducteurs si la hauteur de poudre au-dessus du clapet équivaut au diamètre de l'ouverture de décharge et si cette hauteur est toujours préservée.

E.3 Informations complémentaires

E.3.1 Généralités

Lorsqu'une explosion se produit dans un appareil protégé par un confinement de pression, la pression et la flamme générée se propagent dans toute conduite ouverte et raccordée à l'enceinte voisine. Si cette dernière (un appareil, par exemple) présente également une conception résistante à la pression, un effet d'accumulation de la pression pourrait se produire. Ce phénomène augmente la pression à l'intérieur du second appareil avant l'arrivée du front de flamme de l'explosion, car la perturbation de pression se déplace plus rapidement que le front de flamme. Par conséquent, lorsqu'une explosion de poussière s'enflamme

dans le second appareil, la pression initiale, largement supérieure à la pression normale (ambiante), pourrait rendre inefficace la conception résistante à la pression de la seconde enceinte.

Pour un rapport carburant/air donné, la pression finale sans événements d'une explosion est directement proportionnelle à la pression initiale. Par exemple, si la première explosion pré-pressurise le second équipement à 3 bar absolu, la pression finale de l'explosion dans ce dernier augmente d'un facteur de trois. Pour une poussière avec une valeur P_{\max} de 9 bara, la pression finale sans événements dans cet exemple serait de 27 bara, bien supérieure à la robustesse de l'équipement le plus solide, conçu pour le confinement de la pression d'explosion de poussière. Ainsi, lorsque le confinement d'explosion est utilisé comme méthode de protection, il est important d'installer un système d'isolement d'explosion pour empêcher la pré-pressurisation d'un équipement par une autre explosion.

Lorsqu'une explosion se produit dans un équipement protégé par un dispositif de confinement d'explosion connecté à un second équipement protégé par un événement d'explosion, la turbulence créée par le front de choc et la forte source d'ignition constituée par le front de flamme provoquent une explosion plus rapide dans le second équipement. Cette connexion, souvent négligée dans la conception de l'événement, entraîne la défaillance du second équipement.

Ces effets sont atténués si les équipements connectés sont tous deux protégés par un événement d'explosion.

Par conséquent, lorsqu'un événement d'explosion est utilisé comme méthode de protection, il est important d'installer un système d'isolement d'explosion pour séparer l'équipement avec événement de tout équipement connecté protégé par un dispositif de confinement d'explosion.

Lors de l'utilisation de dispositifs d'isolement d'explosion actifs, une séparation adéquate entre le point de détection (capteur installé) et le dispositif d'isolement actif joue un rôle essentiel afin de permettre à ce dernier de réagir à temps.

S'ils sont installés trop près l'un de l'autre, le dispositif d'isolement peut s'avérer inefficace, car il s'ouvrira trop tard pour dévier le front de flamme. Consulter le fabricant du dispositif d'isolement pour installer la séparation adéquate et le capteur correspondant.

E.3.2 Systèmes de convoyage utilisés comme systèmes d'isolement d'explosion

Les systèmes de transport pneumatiques en phase dense fonctionnent à une vitesse de transport relativement faible (de 1 à 5 m/s), à un taux de chargement élevé des solides et à une haute pression (jusqu'à 8,6 barg). En raison de la forte charge de poussière (bien au-dessus de la CME), il est peu probable qu'ils puissent propager le front de flamme d'une explosion.

Les systèmes de transport pneumatiques en phase diluée fonctionnent à grande vitesse (de 25 à 40 m/s), à faible taux de chargement de solides et à basse pression (moins de 1 barg).

E.3.3 Vannes d'isolement à flotteur à action rapide

Ces dispositifs sont activés soit par une pression différentielle causée par l'approche du front de flamme, soit par la vitesse du gaz dans la gaine. Par conséquent, la pression d'ouverture de l'événement (P_{stat}) de l'équipement soumis à l'explosion doit être suffisamment élevée pour garantir la fermeture de la vanne. Si une valeur P_{stat} inférieure est nécessaire pour protéger l'équipement, un capteur d'explosion supplémentaire et du gaz auxiliaire (injection de gaz supplémentaire dans la vanne) sont nécessaires pour activer la vanne. Unidirectionnelles ou bidirectionnelles, les vannes s'activent à partir d'un événement de pression provenant d'une seule direction ou des deux directions. Une fois fermées, elles se verrouillent dans cette position et doivent faire l'objet d'un réarmement manuel.

Les distances d'installation minimale et maximale sont couramment spécifiées pour garantir que le dispositif se ferme correctement et qu'aucune transition vers la détonation n'a eu lieu. Elles sont déterminées par le biais de tests, mais sont valables de façon approximative pour une large gamme de conditions de fonctionnement. Si des mélanges hybrides sont utilisés, les deux distances sont réduites et le chiffre exact dépend de la taille de la vanne/de la gaine. Les données du fabricant remplacent ces recommandations générales.

ANNEXE F SUPPRESSION D'EXPLOSION

F.1 Lorsque la méthode de réduction des risques d'explosion choisie est la suppression, des systèmes de suppression d'explosion agréés FM devraient être installés conformément à la fiche technique 7-17.

F.2 Pour les systèmes de suppression d'explosion protégeant des poussières métalliques, veiller à évaluer le délai d'activation du système de détection et le débit du produit d'élimination.

F.3 Refuser toute conception de système considérant une explosion à volume partiel comme un risque.

F.4 Installer l'équipement agréé FM conformément aux limites d'application répertoriées.

F.5 Lorsque la suppression d'explosion est choisie comme méthode de protection, configurer les systèmes de suppression d'explosion pour couvrir le volume total de l'équipement comme suit :

A. Sur tous les élévateurs.

B. Sur les enceintes des poulies situées au niveau des sections supérieure et inférieure des élévateurs à godets pour transfert vertical intérieurs.

C. Dans tous les équipements fermés et interconnectés de l'élévateur à godets pour transfert vertical. Ces équipements incluent les convoyeurs, les collecteurs et les trémies à balance, sauf s'ils sont conçus avec des conduits étanches et équipés de vannes étoile, de convoyeurs à vis dont les pales ont été retirées ou de convoyeurs à raclettes.

D. Dans tous les équipements intérieurs de traitement de la poussière, notamment les cyclones, les filtres à manches et les gaines d'air chargé de poussières correspondantes, qui ne peuvent pas être munis d'évents canalisés directement et de manière adéquate vers l'extérieur.

E. Dans tous les équipements de traitement de la poussière et des produits installés au niveau de l'extrémité de décharge des équipements ayant déjà subi plusieurs explosions.