

Ordre du jour

- ◆ Introduction du présentateur
- ◆ Définition des poussières combustibles
- ◆ Le pentagone de l'explosion des poussières
- ◆ Exemples d'incidents historiques et récents
- ◆ Quels types d'équipements sont à risque
- ◆ Comment identifier les dangers
- ◆ Comment protéger l'équipement et le personnel
- ◆ Qui est responsable?
- ◆ Questions



Introduction



Éducation

M. Eng., Ingénierie Pétrolier,
Dalhousie University, Nouvelle-
Écosse, 2014

B. Eng., Ingénierie Mécanique,
Université de Moncton, Nouveau-
Brunswick, 2010

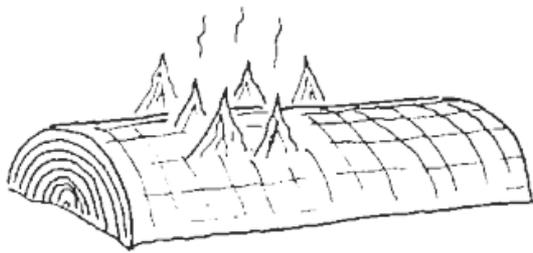
Luc Cormier, M.Eng., P.Eng.

Ingénieur de projet sénior

- Plus de 8 ans d'expérience en protection incendie
- Concentration sur les explosions industrielles, principalement concernant les poussières combustibles
- Expérience dans la performance des tests pour déterminer les propriétés explosives des poussières
- Responsable de conduire des analyses de risques liées aux poussières combustibles
- Responsable de conduire des études d'emplacements dangereux liés aux vapeurs et poussières combustibles



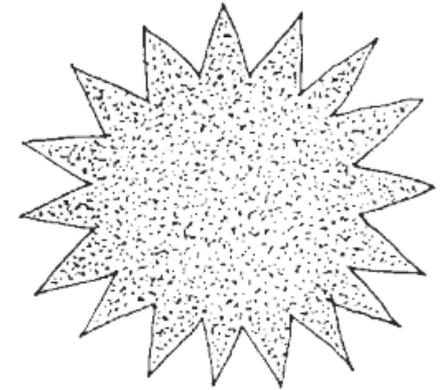
Poussière combustible – C'est quoi?



(a) SLOW COMBUSTION



(b) FAST COMBUSTION



(c) EXPLOSION



Poussière combustible – C'est quoi?

- Historiquement considéré comme étant constitué de particules ayant un diamètre de 500 microns ou moins.
- Cette définition ne figure plus dans les normes, car ce n'est pas toujours le cas
- La meilleure façon de déterminer si une poussière est explosible est d'effectuer des tests



Poussière combustible – C'est quoi?

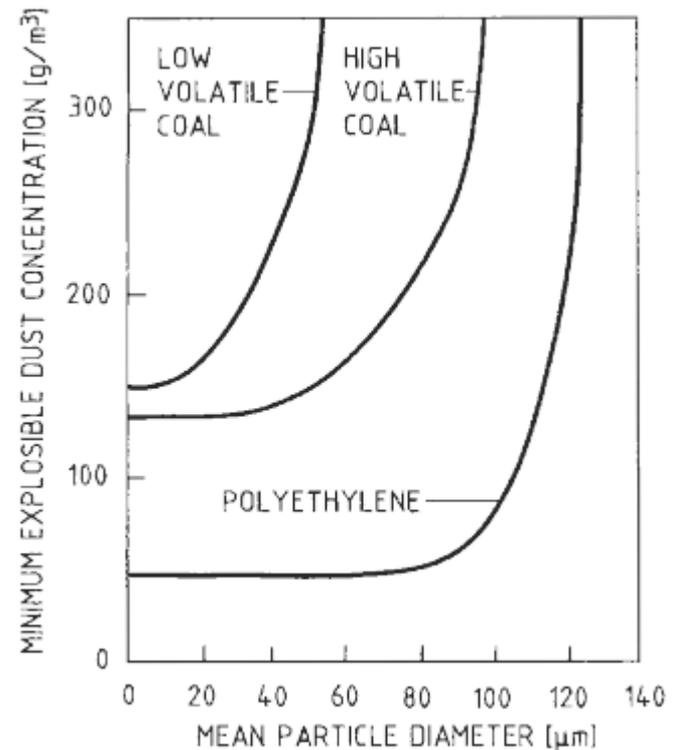
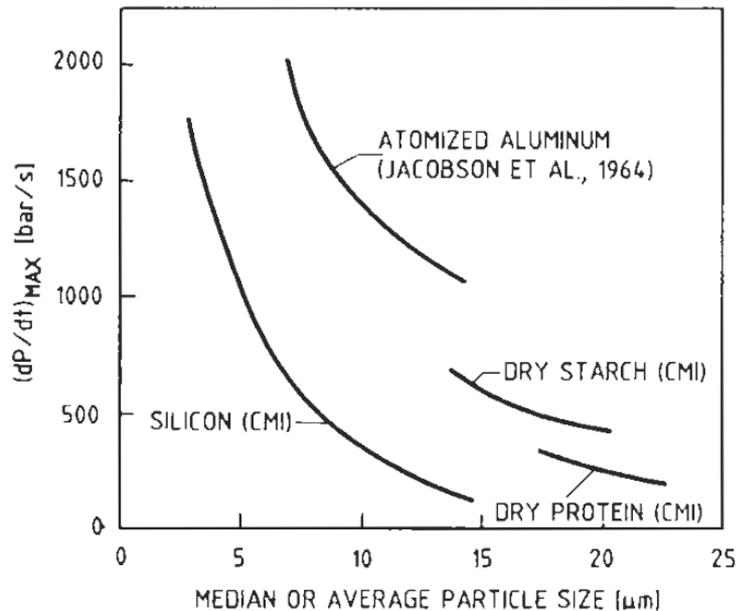
- Bois
- Farine
- Sucre
- Chocolat
- Acier inoxydable
- Café
- Grains de maïs
- Houblon
- Céréale
- Lait en poudre
- Riz
- Amidon
- Épices
- Thé
- Poussière de polymère
- Soja
- Tabac
- Avoine
- Cannabis
- Aluminium
- Coton
- Caoutchouc
- Etc.

Base de données **GESTIS-DUST-EX**

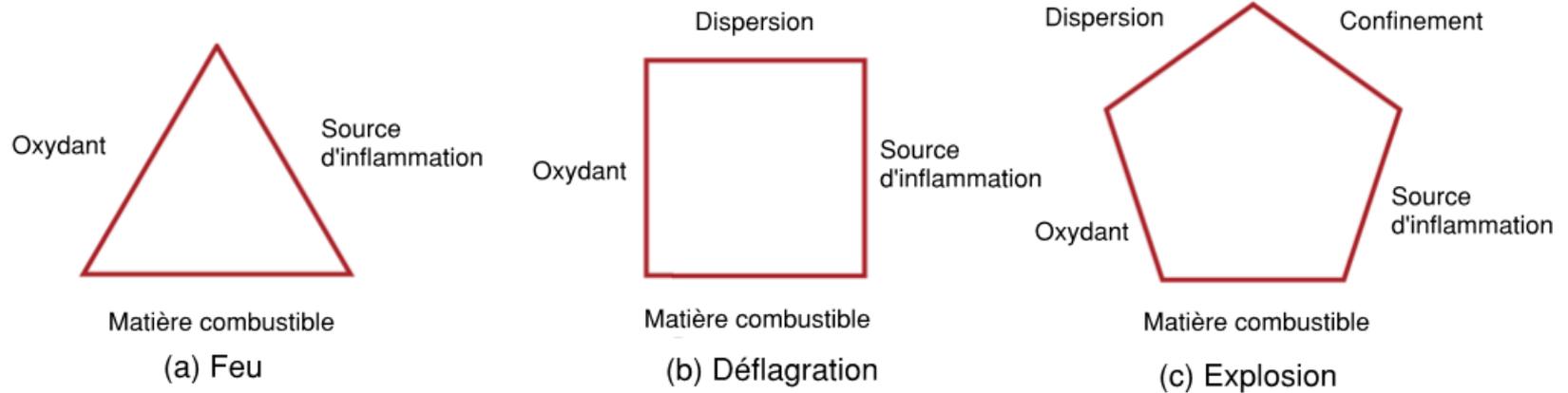


Poussière combustible – C'est quoi?

Effet du diamètre moyen des particules



Poussière combustible – C'est quoi?

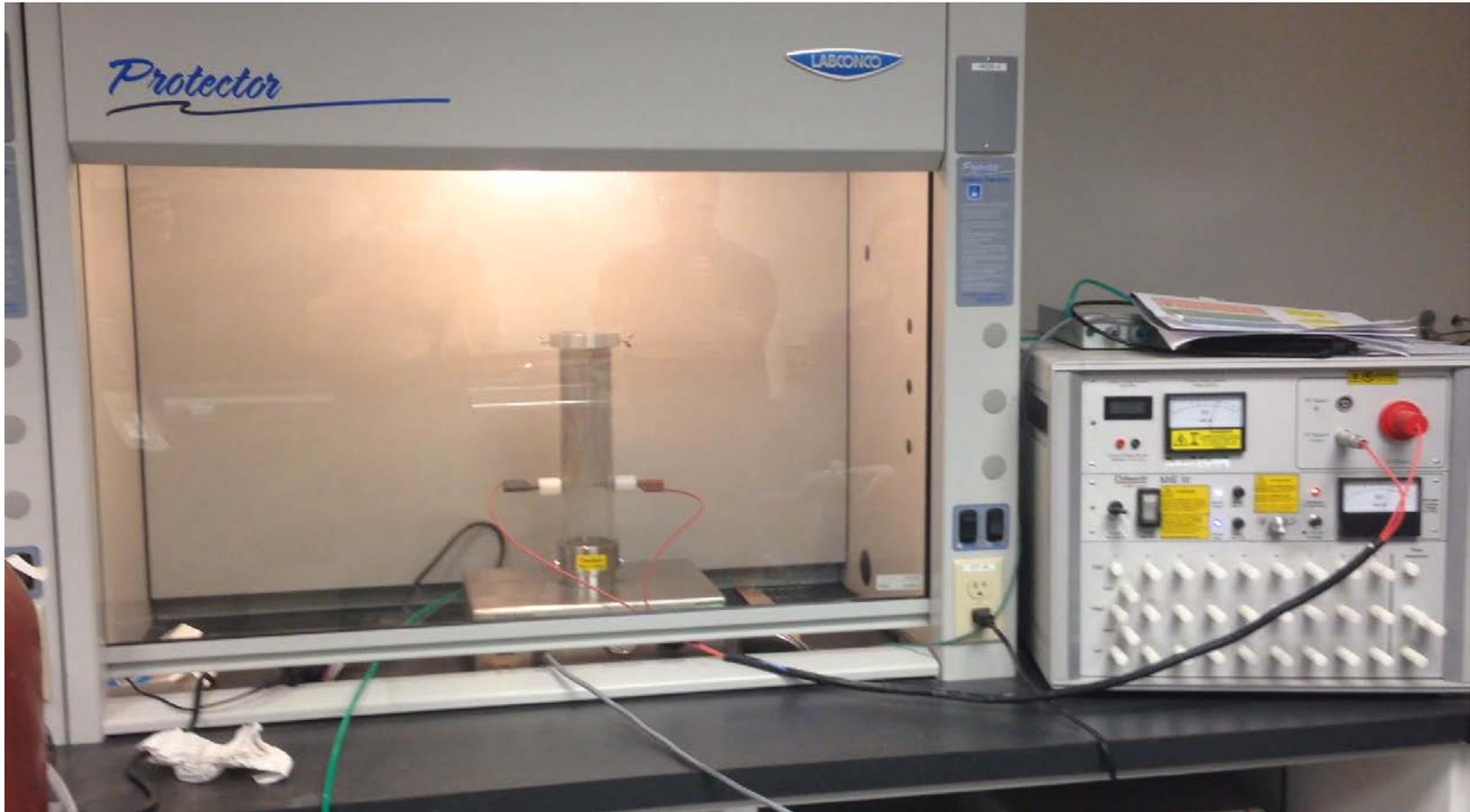


Poussière combustible – Pourquoi en parler?

- Plusieurs usines dans plusieurs secteurs industriels fabriquent, utilisent ou génèrent des poussières combustibles dans leurs procédés
- Les risques et les dangers sont parfois difficiles à voir
- Typiquement, les gens sont moins sensibilisés aux risques des poussières combustibles
- On a souvent l'illusion que lorsqu'il n'y a pas eu d'incident précédemment, les procédés sont sécuritaires



Poussière combustible – Pourquoi en parler?



Poussière combustible – Incidents

Imperial Sugar 2008 – Géorgie, États-Unis

- 14 décès, >40 blessés
- >\$200 millions à reconstruire

- Roulement surchauffé dans un convoyeur récemment renfermé
- Poussière accumulée sur les surfaces
- Explosions secondaires



Poussière combustible – Incidents



Poussière combustible – Incidents

2012 – Colombie-Britannique, deux incidents

- 4 décès, >40 blessés
- Deux scieries, usines complètement détruites par l'explosion et le feu
- Origines sont des réducteurs de vitesse dans les convoyeurs
- Bois détruit par le scarabée



Poussière combustible – Incidents



Poussière combustible – Incidents récents

États-Unis

Année	Feux	Explosions	Décès	Blessures
2017	117	28	6	52
2018	158	37	2	40
2019	175	37	2	40

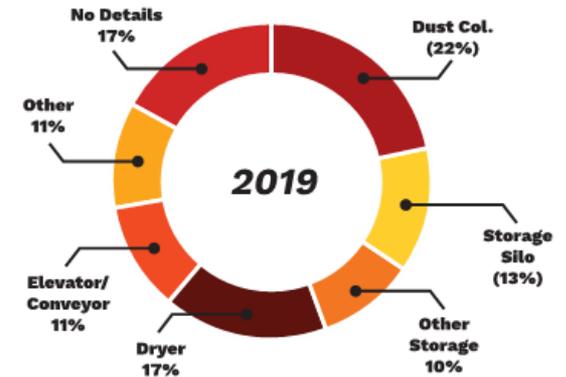
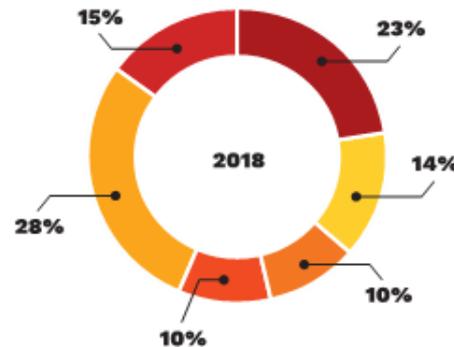
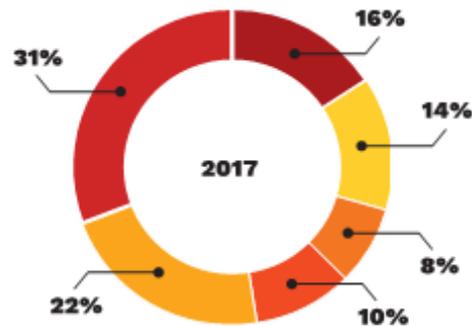
Canada

Année	Feux	Explosions	Décès	Blessures
2017	15	4	0	9
2018	17	4	0	1
2019	22	1	0	4



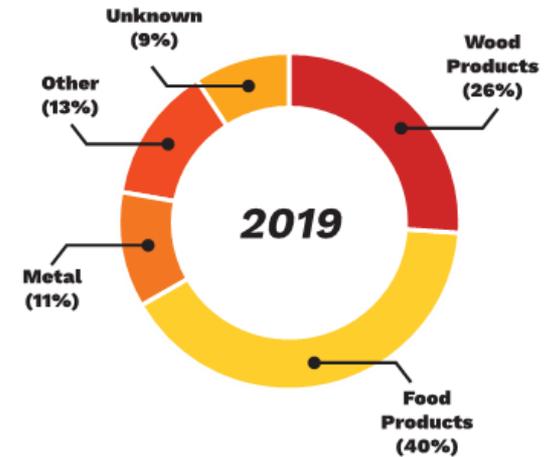
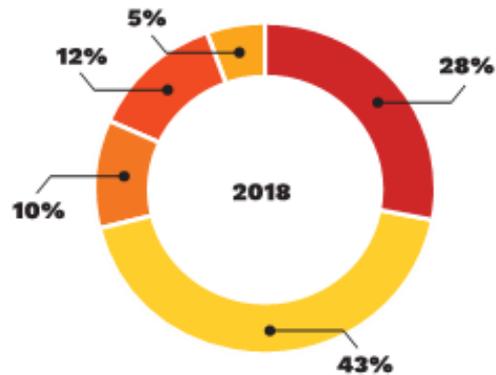
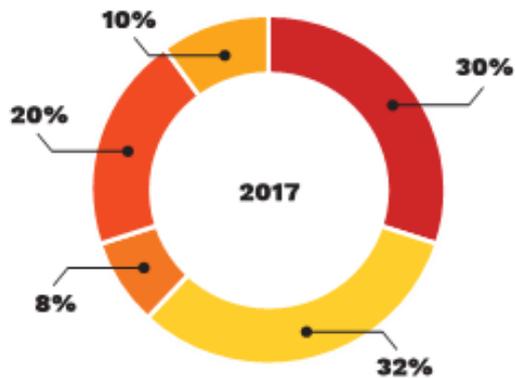
Incidents – Types d'équipements

■ Dust Collector
 ■ Storage Silo
 ■ Other Storage
 ■ Dryer
 ■ Elevator/Conveyor
 ■ Other
 ■ No Details



Incidents – Types de matériaux

Wood Products Food Products Metal Other Unknown



Poussière combustible – Quelles sont les exigences?

Au Canada:

- Code du bâtiment
- Code de prévention des incendies

Au Québec:

- Loi sur la santé et la sécurité au travail
- Loi C-21 et les exigences en santé et sécurité au travail



Poussière combustible – Comment identifier et gérer les dangers?

La première étape est de confirmer que le matériel est en effet une poussière combustible.

- Regardez les bases de données
- Collection d'échantillons et réalisation de tests

Si vous avez une poussière combustible, la deuxième étape est d'entreprendre une analyse de risques liés aux poussières combustibles

La troisième étape est de combler les recommandations qui proviennent de l'analyse de risques.



Poussière combustible – Normes applicables

NFPA 652

NFPA 61

NFPA 484

NFPA 664

NFPA 654

ASTM

NFPA 68, 69



Poussière combustible – Analyse de risque NFPA 652

- Analyse de risques: “Une revue systématique pour identifier et évaluer les risques potentiels d'incendie, de déflagration ou d'explosion associés à la présence de poussières combustibles dans un procédé” (NFPA 652, 3.3.16)
- Seulement pour les risques liés aux poussières combustibles
 - ◆ Feu
 - ◆ Déflagration
 - ◆ Explosion



Poussière combustible – Analyse de risque

Évaluation des matériaux

- Développement d'une stratégie d'échantillonnage
- Entreprendre des essais de dépistage "Go/No-go"
- Évaluation des paramètres d'explosibilité

Évaluation d'équipement

- Identification des risques de déflagration ou d'explosion liés à l'équipement
- Évaluer la crédibilité des scénarios d'incidents
- Comparaison des mesures de sécurité avec les meilleures pratiques de l'industrie
- Offrir des recommandations pratiques pour combler les lacunes

Risque des bâtiments

- Identification des risques de déflagration ou d'explosion potentiels des bâtiments
- Évaluation des risques
- Offrir des recommandations pour la prévention des risques



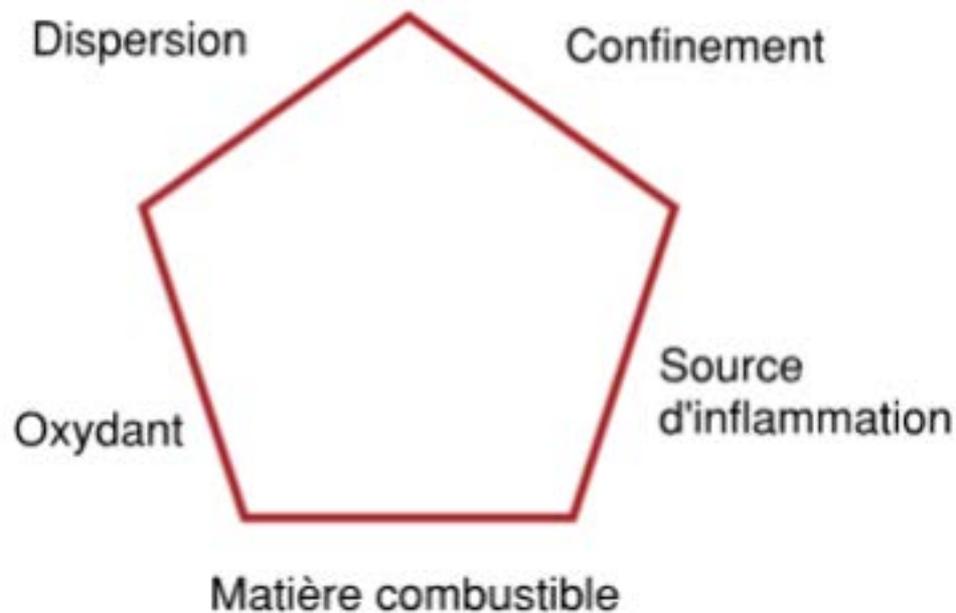
Analyse de risque – Évaluation des matériaux

Différentes propriétés d'explosibilité

- Paramètres d'explosivité P_{\max}/K_{St}
- Énergie Minimale d'Inflammation
- Limite inférieure d'explosivité
- Température d'auto-inflammation (en suspension)
- Température d'auto-inflammation (en couche)
- Limite de concentration d'oxygène
- Granulométrie



Analyse de risque – Évaluation de l'équipement



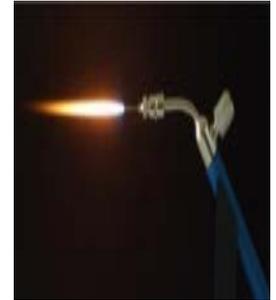
Analyse de risques – Évaluation de l'équipement

Equipment	United States		United Kingdom		Germany	
	Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent
Dust Collectors	156	42	55	18	73	17
Grinders/Pulverizers	35	9	51	17	56	13
Silos/Bunkers	27	7	19	6	86	20
Conveying System	32	9	33	11	43	10
Dryer/Oven	22	6	43	14	34	8
Mixers/Blenders	> 12	> 3	7	2	20	5
Other or Unknown	84	23	95	31	114	27
Total	372	100	303	100	426	100



Évaluation d'équipement – Sources d'inflammation

- Flammes ouvertes
- Surfaces chauffées
- Impact mécanique
- Friction
- Braise
- L'appareillage électrique
- Radiateurs
- Décharge électrostatique
- Poussière fumante ou brûlante



Analyse de risque – Évaluation du bâtiment

Les risques aux bâtiments sont considérés présents lorsqu'une accumulation de poussière combustible est présente dans un compartiment:

- NFPA 654 – accumulation de poussière sur des surfaces avec une épaisseur moyenne qui dépasse 3.2 mm (1/8 pouce). Basé sur une poussière ayant une masse volumique de 320 kg/m³ (20 lb/ft³).

$$T = \frac{(3.2 \text{ mm})(320 \text{ kg/m}^3)}{(\text{Settled Bulk Density, kg/m}^3)}$$

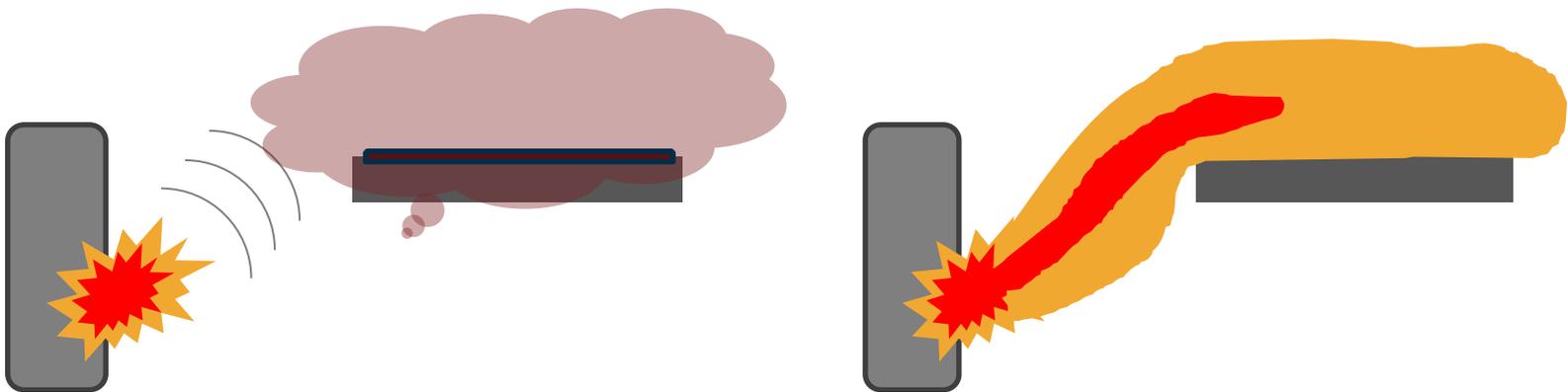
where:

T = The allowable thickness (mm)



Analyse de risques – Évaluation du bâtiment

- Les ondes de choc d'une déflagration initiale peuvent déloger les particules de poussières déposées sur des surfaces de l'usine et former un nuage de poussière qui peut être enflammé par la flamme ou par la chaleur de la déflagration.
- Cela peut provoquer une explosion secondaire qui est presque toujours plus grave que l'explosion primaire.
- Lorsque de la poussière est libérée, les plus petites particules se déposent sur les surfaces les plus élevées du bâtiment.



Analyse de risques – Atténuation des risques

- NFPA 652, Standard on the Fundamentals of Combustible Dust, 2019
- NFPA 654, Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids, 2020
- NFPA 484, Standard for Combustible Metals, 2019
- NFPA 664, Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities, 2020
- NFPA 61, Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities, 2020
- NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems, 2019
- NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2018



Systèmes de protection – Méthodes disponibles

- Événement d'explosion – NFPA 68
- Suppression d'explosion – NFPA 69, Chapitre 10
- Autres méthodes
 - ◆ Réduction du milieu oxydant – NFPA 69, Chapitre 7
 - ◆ Réduction de la concentration combustible – NFPA 69, Chapitre 8
 - ◆ Confinement de la pression – NFPA 69, Chapitre 13
- Système d'isolation d'explosion
 - ◆ Isolation active – NFPA 69, Chapitre 11
 - ◆ Isolation passive – NFPA 69, Chapitre 12



Systemes de protection – Événements

- Panneaux d'événements ou porte d'explosion
- Éteignoir de flamme



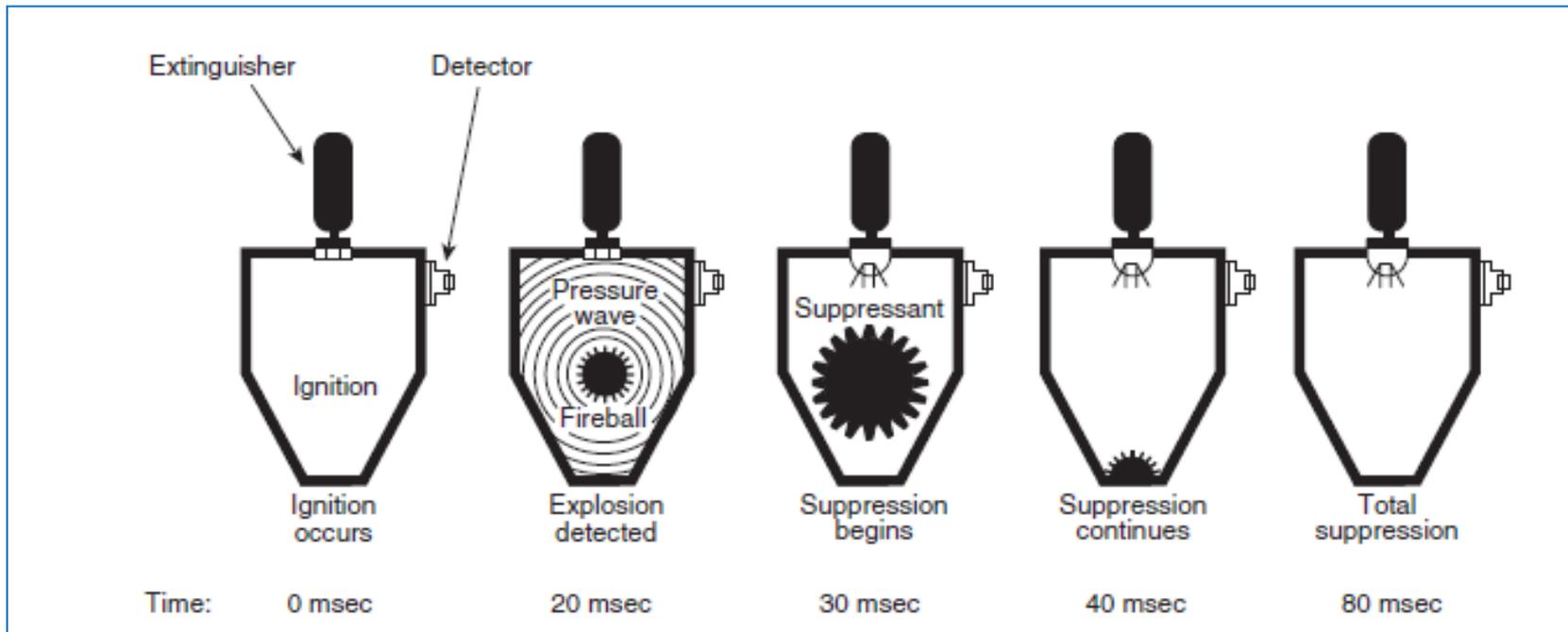
Systemes de protection – Suppression d'explosion

- Principe d'opération
 - Suppression de la déflagration avant qu'elle commence dans un enclos
- Applications
 - Équipement
 - Dépoussiéreuse
 - Silo
 - Broyeur
 - Élévateur à godets
- Limitations
 - Bâtiments – Pas très pratique pour des grandes salles
 - Pas efficace avec des petits enclos (i.e., $< 8 \text{ ft}^3$)
 - Pas efficace pour des poussières avec des valeurs K_{St} élevées (i.e., $>300 \text{ bar}\cdot\text{m/s}$)



Systèmes de protection – Suppression d'explosion

Aperçu d'un système de suppression d'explosion



- Principe d'opération
 - Maintenir la concentration d'oxygène plus basse que la valeur établie pour la limite de concentration d'oxygène
 - Permis où :
 - Oxydant et la poussière sont confinés à un enclos
 - La concentration d'oxygène peut être contrôlée
 - Applications
 - Enclos – typiquement utilisé où les matériaux sont très sensibles à l'inflammation



- Principe d'opération

- Maintenir la concentration de poussière plus basse que la limite inférieure d'explosivité
- Permis ou:
 - Oxydant et la poussière sont confinés à un enclos
 - La concentration de poussière peut être contrôlée
- Applications
 - Système de convoyeur pneumatique
 - Autre équipement est possible, mais pas souvent utilisé pour la poussière
- Difficultés avec la poussière combustible
 - La surveillance de la concentration n'est pas si évidente que pour les vapeurs
 - Les concentrations peuvent varier considérablement
 - Accumulation, turbulence, vitesse de l'air, etc.



Systemes de protection – Confinement de la pression

- Conception d'un enclos capable de résister à la pression maximale prévue lors d'une déflagration
- Principe d'opération
 - Enclos construit aux normes de l'ASTM *Boiler and Pressure Vessel Code* ou normes similaires
 - Pression de service maximale admissible est calculée
 - Tolérance à la corrosion
 - Tenir compte des conditions normales du procédé, de la pression maximale développée lors d'une explosion, du vide après une explosion
- Implications
 - Autres équipements connectés
 - Interaction avec d'autres systèmes de protection (l'isolation)
 - Inspection et entretien pour les accessoires sous pression enregistrés



Systemes de protection – Isolation d'explosion

L'isolement d'explosion sert à éliminer la possibilité de propagation de la déflagration entre des vaisseaux interconnectés.

Lors d'une déflagration, une expansion de volume / une augmentation de pression se produit et cela peut propager des flammes vers l'équipement au-delà de l'équipement d'origine si aucune isolation d'explosion n'est installée. Les conséquences des dommages à l'équipement / au bâtiment et aux blessures du personnel sont généralement plus graves sans un système d'isolation.

Plusieurs méthodes d'isolement d'explosion sont disponibles, et elles sont généralement classées comme méthodes actives ou passives.



Systemes de protection – Isolation d'explosion (active)

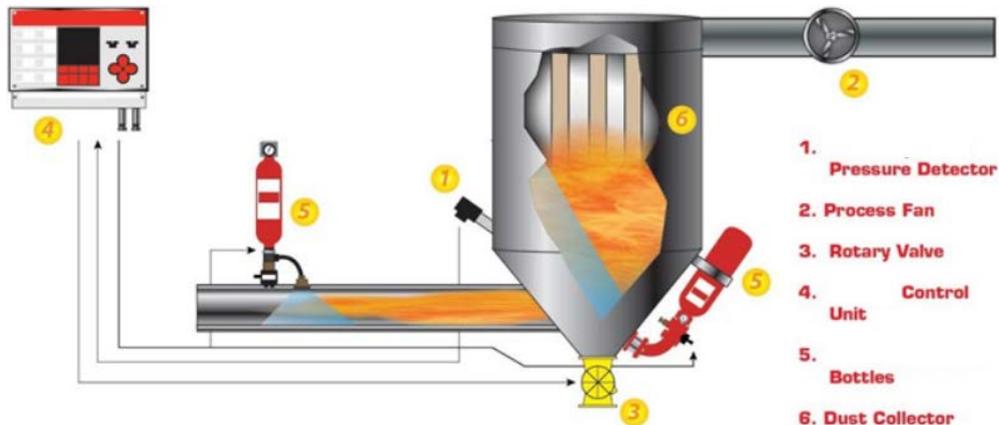
- L'isolation d'explosion active nécessite la détection, et une réponse (pneumatique ou électrique) qui crée une barrière isolante
 - Incluant la détection et la mise en marche de l'appareil
 - Détecteurs (pression, infrarouge, ultra-violet)
 - Actionneur (réservoir sous pression ou charge explosive)
 - Panneau de contrôle
 - Types d'isolation active utilisés avec des poussières combustibles
 - Isolation chimique (barrière chimique)
 - Vanne mécanique à action rapide
 - Vanne à manchon contrôlée à distance
 - Vanne à flotteur à commande externe



Systèmes de protection – Isolation d'explosion (active)

Isolation chimique

- Détecteurs
 - pression, infrarouge, ultra-violet
- Bombonne d'isolation chimique
- Panneau de contrôle



Systemes de protection – Isolation d'explosion (passive)

- **Aucun detecteur ou actionneur**
 - Activé par la pression créée durant une déflagration
 - Supprime le front de flamme
- **Types de systemes d'isolation passive utilisés avec les poussières combustibles**
 - Valve à clapet anti-retour
 - Bobines de matériau (vannes rotatives)
 - Dispositif de déviation d'explosion
 - Vannes à flotteur passives



Systèmes de protection – Isolation d'explosion (passive)

Valve a clapet anti-retour



Vanne rotative



Dispositif de déviation d'explosion



Systèmes de protection – Éteignoir de flamme

Principe d'opération



- Réduit la probabilité d'une déflagration en détectant et en éliminant les sources d'inflammation
- Utilisé en conjonction avec d'autres méthodes de protection
- Systèmes:
 - Détection et extinction d'étincelles
 - Volets de détournement
- Applications
 - Dépoussiéreuse
 - Convoyeur pneumatique
 - Convoyeur mécanique



Code Canadien de l'Électricité – Section 18

Pour éviter que l'appareillage électrique agisse comme une source d'inflammation.

- **Zone 20 – Classe II, Division 1**
 - Emplacement où il y a continuellement la présence d'un nuage de poussière combustible en conditions normales.
- **Zone 21 – Classe II, Division 1**
 - Emplacement où il y a habituellement ou occasionnellement la présence d'un nuage de poussière combustible en conditions normales.
- **Zone 22 – Classe II, Division 2**
 - Emplacement où il n'y a pas de nuage de poussière combustible en conditions normales, mais il serait possible de se produire en conditions anormales pour une courte période.



Emplacements dangereux – Accumulation de la poussière

Depth of Dust Accumulation (in.)	Frequency	Housekeeping Requirement	Area Electrical Classification
Negligible ^a	N/A	N/A	Unclassified (general purpose)
Negligible to <1/32 ^b	Infrequent ^c	Clean up during same shift.	Unclassified (general purpose)
Negligible to <1/32 ^b	Continuous/frequent ^d	Clean as necessary to maintain an average accumulation below 1/64 in. ^e	Unclassified; however, electrical enclosures should be dusttight ^{f,g}
1/32 to 1/8	Infrequent ^c	Clean up during same shift.	Unclassified; however, electrical enclosures should be dusttight ^{f,g}
1/32 to 1/8	Continuous/frequent ^d	Clean as necessary to maintain an average accumulation below 1/16 in.	Class II, Division 2
>1/8	Infrequent ^c	Immediately shut down and clean.	Class II, Division 2
>1/8	Continuous/frequent ^d	Clean at frequency appropriate to minimize accumulation.	Class II, Division 1



Autres considerations importantes – Entretien ménager

L'entretien ménager s'applique à la surveillance et au nettoyage des poussières combustibles accumulées sur des surfaces afin d'éviter que ces matériaux deviennent suspendus et produisent un risque de déflagration.

Intervalle de nettoyage établi pour gérer l'accumulation de poussière.

L'équipement de production doit être entretenu et utilisé de manière à minimiser la génération de poussière.

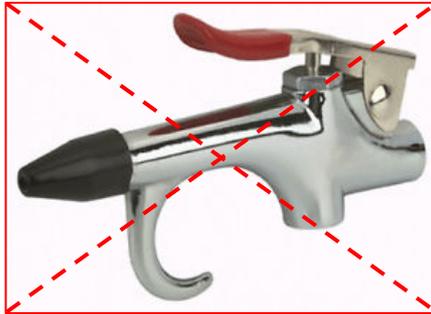
Des programmes d'entretien et d'inspection documentés doivent être établis et maintenus.

Des procédures spécifiques pour nettoyer les déversements locaux où les accumulations à court terme doivent être fournies.



Entretien ménager – Méthodes acceptables

Les normes NFPA spécifient les méthodes de nettoyage préférées



Conclusion

Des poussières combustibles dans votre usine augmentent les risques. Est-ce que vous êtes certain que votre poussière n'est pas combustible? Est-ce que vous savez où sont vos risques? Est-ce que vous êtes certain que vos risques sont suffisamment atténués?

Si vous n'êtes pas certain, prenez les bonnes décisions: posez des questions, réalisez des tests, faites une analyse de risques, consultez un expert pour vous aider.



Questions?



JENSEN HUGHES

Advancing the Science of Safety

Luc Cormier, M.Eng, P.Eng.

Ingénieur de projet sénior

1 (604) 260-4545

lcormier@jensenhughes.com

