

Zones dangereuses

Compétences requises en matière de sécurité

Mettler-Toledo AG

CH-8606 Greifensee,
Suisse
Tél. : +41 44 944 22 11
Fax : +41 44 944 30 60

Sous réserve de modifications techniques
© 09/2014 Mettler-Toledo AG
MarCom Industrial

Table des matières

Chapitre 1	Protection contre les explosions - Règles de base	06	
Chapitre 2	Normes et réglementations internationales	11	
Chapitre 3	Classification des zones dangereuses	18	
Chapitre 4	Méthodes de protection contre l'inflammation	28	
Chapitre 5	Marquage des équipements électriques	33	
Chapitre 6	Équipements électriques - Installation et maintenance	36	
Chapitre 7	Pesage en zones dangereuses	40	
Chapitre 8	Résumé	49	
Chapitre 9	Liste des tableaux et des figures	50	
Chapitre 10	Références	51	

Table des matières

1. Protection contre les explosions - Règles de base	06
1.1. Atmosphère explosible et explosion	06
1.2. Prévention des explosions	07
2. Normes et réglementations internationales	11
2.1. Réglementations internationales des équipements électriques	12
2.2. Normes et directives européennes	12
2.3. Réglementations et normes aux États-Unis et au Canada	14
2.4. Système de normalisation IECEx	15
2.5. Coup d'œil sur les réglementations IECEx, ATEX et NEC	15
2.6. Réglementations régionales	16
3. Classification des zones dangereuses	18
3.1. Groupes, zones et classes	18
3.2. Classifications ATEX	18
3.3. Classification NEC en classes/divisions pour l'Amérique du Nord	23
3.4. Température d'inflammation et classes de températures	25
3.5. Comparaison des classifications ATEX et NEC	26
4. Méthodes de protection contre l'inflammation	28
4.1. Sécurité intrinsèque	29
4.2. Enveloppe antidéflagrante	31
4.3. Sécurité augmentée	31
4.4. Anti-étincelle	32
4.5. Encapsulage	32
4.6. Suppression interne	32
4.7. Immersion dans l'huile	32
5. Marquage des équipements électriques	33
5.1. Marquage CE ATEX	33
5.2. Marquage NEC	35
6. Équipements électriques - Installation et maintenance	36
6.1. Inspections en zones dangereuses	36
6.2. Types d'inspections	36
6.3. Facteurs déterminant les intervalles d'inspection périodique	37
6.4. Inspection des équipements à sécurité intrinsèque	39
7. Équipements électriques - Installation et maintenance	40
7.1. Système de base	40
7.2. Système avancé	42
7.3. Contrôle de processus	43
7.4. Contrôle de processus totalement intégré	47
7.5. Communications périphériques en zone sûre (en option)	48
8. Résumé	49
9. Liste des tableaux et des figures	50
10. Références	51

Introduction

Chaque année, un incident majeur semble faire la une de l'actualité à la suite d'un accident dans une zone dangereuse. La plupart de ces incidents pourraient être évités grâce à une meilleure planification et à une maintenance et à des équipements appropriés. Même les entreprises les mieux préparées peuvent facilement commettre des erreurs. Cependant, dans des zones dangereuses, ces erreurs peuvent s'avérer désastreuses. Une bonne préparation, ainsi qu'une formation aux normes réglementaires et l'utilisation d'équipements appropriés, sont autant de points essentiels afin de sécuriser votre production dans des zones dangereuses.

Pour les fabricants en zones dangereuses, le choix de solutions de pesage adaptées aux exigences liées à des processus et à des réglementations spécifiques peut s'avérer difficile. Il s'agit toutefois d'une étape indispensable pour garantir la sécurité de l'environnement de travail et la précision des mesures.

Ce guide explique comment éviter des situations risquées dans des zones dangereuses à l'aide d'équipements agréés. Il fournit une description complète des normes, des réglementations et des méthodes de protection des équipements. Ce guide détaille également les procédures d'installation et de maintenance appropriées pour les zones dangereuses et indique des exemples de systèmes de pesage adaptés.

1 Protection contre les explosions - Règles de base

1.1. Atmosphère explosible et explosion

La grande majorité des entreprises du secteur de la fabrication et de la transformation génère des atmosphères explosibles en utilisant des substances inflammables ou explosives, telles que des gaz, des vapeurs ou des liquides inflammables, des poussières combustibles, ainsi que des fibres ou des particules inflammables en suspension. Ces substances peuvent produire une atmosphère explosible en étant associées à l'oxygène.

Lorsque des équipements électriques sont utilisés dans des zones ou à proximité de zones avec ce type d'atmosphère, il existe un risque potentiel d'incendie ou d'explosion. Ces zones sont appelées zones dangereuses.

Une **explosion** correspond à la réaction chimique exothermique soudaine d'une substance inflammable ou combustible avec de l'oxygène et à la libération simultanée d'une grande quantité d'énergie.

Une **atmosphère explosible** est un mélange d'air (comburant) et de substance combustible sous la forme de gaz, de vapeurs, de brouillards ou de poussières, dans lequel la combustion se propage à l'ensemble du mélange non consommé suite à une inflammation provoquée par une quantité d'énergie suffisante.

Une explosion peut se produire si les trois composants suivants sont présents dans l'air :

1. Substance inflammable ou explosive
2. Oxygène
3. Source d'inflammation

1.1.1. Substances inflammables ou explosives

Les substances inflammables ou explosives peuvent être présentes sous forme de gaz, de vapeurs, de brouillard ou de nuages de poussières. Chaque substance est présente à la concentration définie et pendant une durée donnée. Les propriétés à connaître au sujet d'une substance dangereuse incluent le point d'ébullition et le point d'éclair de tout liquide inflammable. Il est également important de déterminer si chaque gaz ou vapeur inflammable en présence est plus ou moins léger que l'air.

Les substances inflammables (explosives) peuvent être divisées en trois groupes :

- Gaz inflammables (explosifs)
- Liquides/vapeurs inflammables (explosifs)
- Matières solides inflammables (explosives)

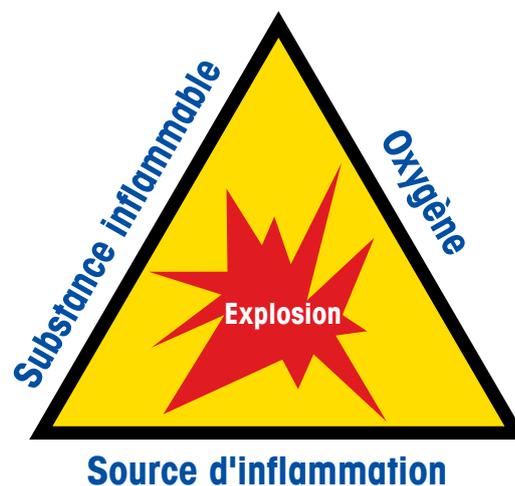


Figure 1 : Triangle de feu

Substance inflammable	Exemple	Caractéristiques explosives
Gaz inflammable	Hydrogène, propane, propylène, méthane, etc.	À mesure que le pourcentage de gaz inflammable augmente, le risque d'incendie devient plus élevé. Lorsque la concentration dépasse une certaine limite, l'air se sature en gaz et l'inflammation devient moins probable.
Liquides/vapeurs inflammables	Acétone, éther, acétylène, benzène, etc.	Une caractéristique importante des liquides inflammables est le point d'éclair. Le point d'éclair est la température minimale à laquelle la concentration des vapeurs émises à la surface du liquide est suffisamment élevée pour former un mélange inflammable. Plus le point d'éclair du liquide est élevé, plus le risque d'inflammation diminue.
Matières solides inflammables	Poussières, fibres, particules en suspension	Concernant les poussières, les informations sur la taille et la densité des particules sont nécessaires, dès lors qu'il est démontré que certaines de ces particules peuvent produire une atmosphère explosible. Les informations pertinentes sont souvent indiquées sur la fiche de données de sécurité fournie avec le produit.

Tableau 1: Caractéristiques des substances inflammables

Le tableau 1 décrit les substances inflammables et leurs caractéristiques. Pour former une atmosphère explosible, la concentration du mélange comburant inflammable/explosif existant doit être comprise dans une plage spécifique, définie par les limites d'explosivité. Ces limites dépendent de la pression de l'atmosphère ambiante et de la quantité d'oxygène présent dans l'air.

Les limites d'explosivité sont caractérisées par la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE).

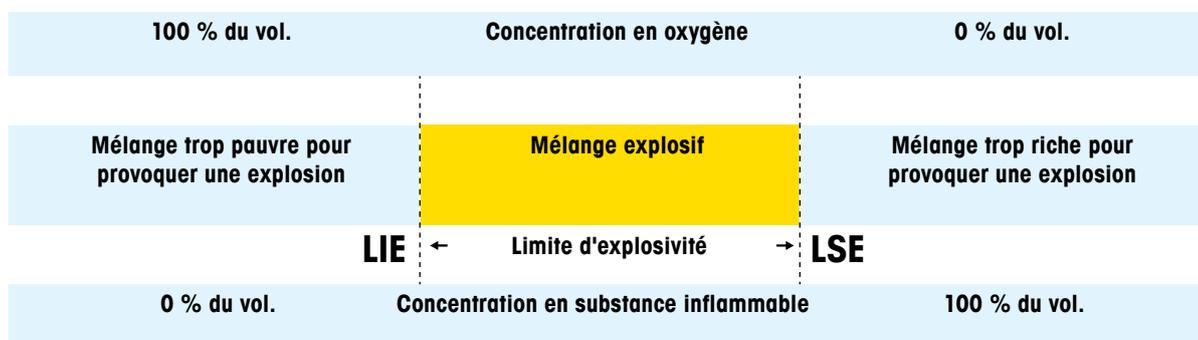


Figure 2 : Schéma des limites d'explosivité

La limite inférieure d'explosivité (LIE) est la concentration minimale des vapeurs d'un liquide explosif dans l'air nécessaire pour provoquer l'embrasement de l'ensemble du volume du mélange de vapeurs et d'air au contact d'une source d'inflammation. En deçà de cette limite, le volume d'oxygène est trop important et la concentration en substances inflammables est trop faible. Dans ce cas, le mélange est dit « pauvre ». Il n'existe alors aucun risque de combustion.

La limite supérieure d'explosivité (LSE) est la concentration maximale des vapeurs dans l'air nécessaire pour provoquer l'embrasement. Au-delà de cette limite, le mélange est trop « riche » pour provoquer une explosion. Dans ce cas, la concentration en substances inflammables a atteint un volume défini dans l'air (mélange « riche ») qui interdit toute explosion.

L'intervalle compris entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE) est appelé zone d'explosivité. Dans cette zone, le mélange d'air inflammable a un niveau de saturation propre à enflammer l'atmosphère.

Poussières combustibles

Lorsque des matières solides sont traitées dans des environnements industriels, tels que des usines chimiques ou des minoteries, les petites particules sont souvent présentes dans l'environnement sous la forme de poussières ou de nuage de poussières. Les poussières sont définies dans la norme DIN EN 50281-1-2 comme de petites particules solides présentes dans l'atmosphère qui se déposent sous l'effet de leur propre poids, mais qui peuvent rester en suspension dans l'air un certain temps sous la forme d'un mélange de poussière et d'air. Les poussières sont mesurées en micromètres (communément appelés microns ou μm). Le micromètre est une unité de longueur égale à 10^{-4} (0,0001) centimètre ou environ 1/25 000 de pouce. Les globules rouges ont une taille de $8 \mu\text{m}$ (0,0008 cm). Un cheveu humain a un diamètre de 50 à $75 \mu\text{m}$ et une fibre de coton de 15 à $30 \mu\text{m}$.

Parmi les matières organiques naturelles ou synthétiques pouvant constituer des poussières combustibles, on trouve les produits suivants :

- Produits alimentaires (ex. : grains, cellulose, lait en poudre, sucre, etc.)
- Composés pharmaceutiques (ex. : vitamines, lactose, amidon, etc.)
- Bois (sciure de bois, farine de bois)
- Textiles (poussière produite par l'ouverture des graines de coton, poudre de nylon)
- Plastiques (dérivés phénoliques, polypropylène)
- Résines (laque, résine phénol-formaldéhyde)
- Résidus biologiques solides (déchets secs provenant du traitement des eaux usées)
- Charbon et autres poussières de carbone

Les poussières combustibles peuvent également être constituées de matières inorganiques et de métaux, tels que l'aluminium, le fer, le manganèse, le soufre.

Concernant les poussières, les informations sur la taille et la densité des particules sont nécessaires, dès lors qu'il est démontré que certaines de ces particules peuvent produire une atmosphère explosible. Les informations pertinentes sont indiquées sur la fiche de données de sécurité fournie avec le produit.

1.1.2. Oxygène

Bien qu'une explosion se produise généralement en présence directe d'oxygène dans le mélange, cela n'est pas toujours le cas. Par exemple, un mélange de gaz anesthésiants, tels que l'éther éthylique et le protoxyde d'azote (mélange maintenant rarement utilisé), peut être à l'origine d'explosions violentes en raison de l'oxygène formé à partir du protoxyde d'azote.

Si la concentration en oxygène est supérieure au pourcentage d'oxygène habituellement présent dans l'air (21 % par volume), les limites d'explosivité sont normalement dépassées et l'énergie d'inflammation est diminuée. De plus, l'explosion est souvent considérablement plus violente qu'en cas de concentration normale en oxygène dans l'air.

1.1.3. Sources d'inflammation

Ce chapitre traite des sources d'inflammation relatives aux équipements. Il peut s'agir de surfaces chaudes, d'étincelles générées mécaniquement, d'appareils électriques et d'électricité statique.

- Les surfaces chaudes résultent de la perte d'énergie provenant des systèmes, des équipements et des composants dans des conditions de fonctionnement normales.
- Les flammes et les gaz chauds (incluant les particules chaudes) peuvent être produits au sein de moteurs à combustion ou d'appareils d'analyse en mode de fonctionnement normal ou lorsqu'une défaillance a lieu.
- Les étincelles générées mécaniquement sont produites, par exemple, par des équipements de broyage ou de coupe dans des conditions normales de fonctionnement et elles sont à exclure en présence d'une atmosphère explosible.
- Les appareils électriques doivent normalement être considérés comme des sources d'inflammation suffisantes. Seules les étincelles de très faible énergie (de l'ordre de quelques microwatts par seconde) peuvent être considérées comme trop faibles pour provoquer une explosion. Pour cette raison, des mesures appropriées doivent être prises pour éviter ces sources d'inflammation.
- Électricité statique. L'énergie emmagasinée peut être libérée sous la forme d'étincelles et jouer le rôle d'une source d'inflammation. En raison du fait que cette source d'inflammation peut apparaître indépendamment de la présence ou de l'absence d'une alimentation électrique, elle doit également être prise en compte dans le cas d'appareils ou de composants non électriques. Cette démarche est liée aux processus de séparation : il faut donc considérer ces cas dans lesquels cette source d'inflammation doit être prise en compte.

Les fournisseurs d'équipements réduisent le risque d'explosion en éliminant les sources d'inflammation et en maintenant l'énergie d'inflammation active du système au niveau le plus faible possible (inférieure à l'énergie minimale d'inflammation). L'énergie minimale d'inflammation correspond à la plus petite quantité d'énergie requise pour enflammer une vapeur, un gaz ou un nuage de poussières combustibles. Elle est mesurée en joules.

1.2. Prévention des explosions

Pour éliminer le risque d'explosion, l'une des trois composantes du « triangle de feu » doit être éliminée. Deux types de protection existent afin d'éliminer les risques d'explosion : la protection primaire et la protection secondaire contre les explosions.

1.2.1 Protection primaire contre les explosions

La protection primaire contre les explosions repose sur le concept de prévention de la formation d'une atmosphère explosible. Ceci peut inclure :

- L'utilisation de substituts pour les substances inflammables.
Par exemple, les solvants organiques inflammables peuvent être remplacés par des solutions hydriques.
- La substitution de l'oxygène par un gaz inerte, tel que l'azote.
- L'utilisation de détecteurs de gaz.
- La prévention de la formation d'atmosphères explosibles dans des zones dangereuses, au moyen d'un système de ventilation par exemple.

En absence de substances inflammables, aucun mélange inflammable ne peut se former. Par conséquent, il n'existe alors aucun risque d'explosion. Cette approche n'est bien évidemment pertinente que dans une certaine mesure. Après tout, l'inflammabilité de nombreuses substances est une propriété recherchée qui est indispensable ou qui ne peut pas être contrôlée, comme dans le cas des gaz libérés dans l'industrie minière. Dans de tels cas, des mesures de protection secondaire contre les explosions doivent être prises.

1.2.2. Protection secondaire contre les explosions

La protection secondaire contre les explosions repose sur la prévention du risque d'inflammation dans les atmosphères explosibles. Cela consiste à éliminer les étincelles (d'origine mécanique, électrique ou statique), les flammes, les surfaces ou les gaz chauds, ainsi que les autres sources d'inflammation possibles telles que les ondes électromagnétiques, les ultrasons, etc.

Les concepteurs d'équipements effectuent des recherches sur différentes méthodes pour éliminer ces sources. L'objectif peut être atteint en :

- Utilisant des matériaux d'enveloppe adaptés, tels que l'acier inoxydable, qui empêche la formation d'étincelles ;
- Utilisant des matériaux conducteurs et de mise à la terre appropriés ;
- Évitant les surfaces chaudes, en recourant par exemple à des circuits à sécurité intrinsèque dans la conception des équipements électriques.

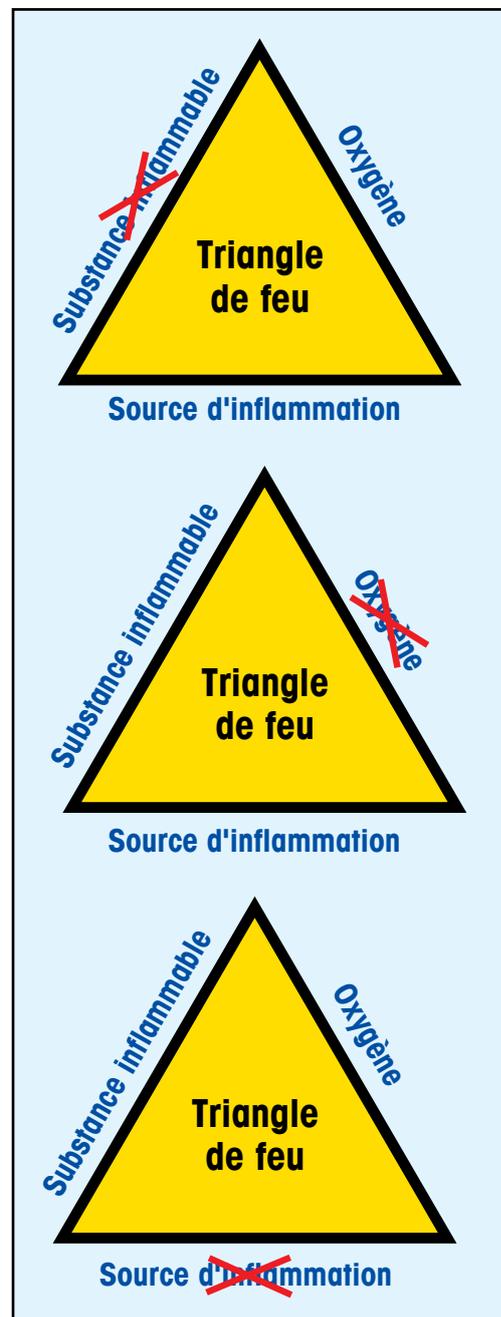


Figure 3 : Concepts de la protection contre les explosions

2 Normes et réglementations internationales

Un nombre croissant d'accidents dans les industries à l'échelle mondiale mettent en avant l'importance de disposer de réglementations et de directives de sécurité harmonisées et exhaustives.

Les problèmes de sécurité liés à la conception et l'utilisation d'équipements électriques dans les zones dangereuses ont conduit les autorités à imposer des règles strictes. Ils ont également provoqué une prise de conscience de la conception d'équipements sûrs.

La protection contre les explosions est généralement soumise aux législations en vigueur dans chaque pays. Les différences nationales font peser des contraintes importantes, principalement sur les entreprises d'envergure internationale, en imposant une transparence dans le développement et les tests d'approbation. Bien sûr, ces normes et réglementations obligatoires facilitent la libre circulation des marchandises en offrant un cadre réglementaire uniformément reconnu.

Elles couvrent alors tous les aspects : depuis les exigences de certification des produits jusqu'aux mesures de protection pour les employés manipulant les produits. Les organismes reconnus travaillent à élaborer des normes uniformes de façon nationale et internationale. Cependant, l'historique de chaque pays a fait que dans de nombreux domaines liés à la sécurité, y compris en ce qui concerne la protection contre les explosions, il n'existe aucune norme internationale mise en place.

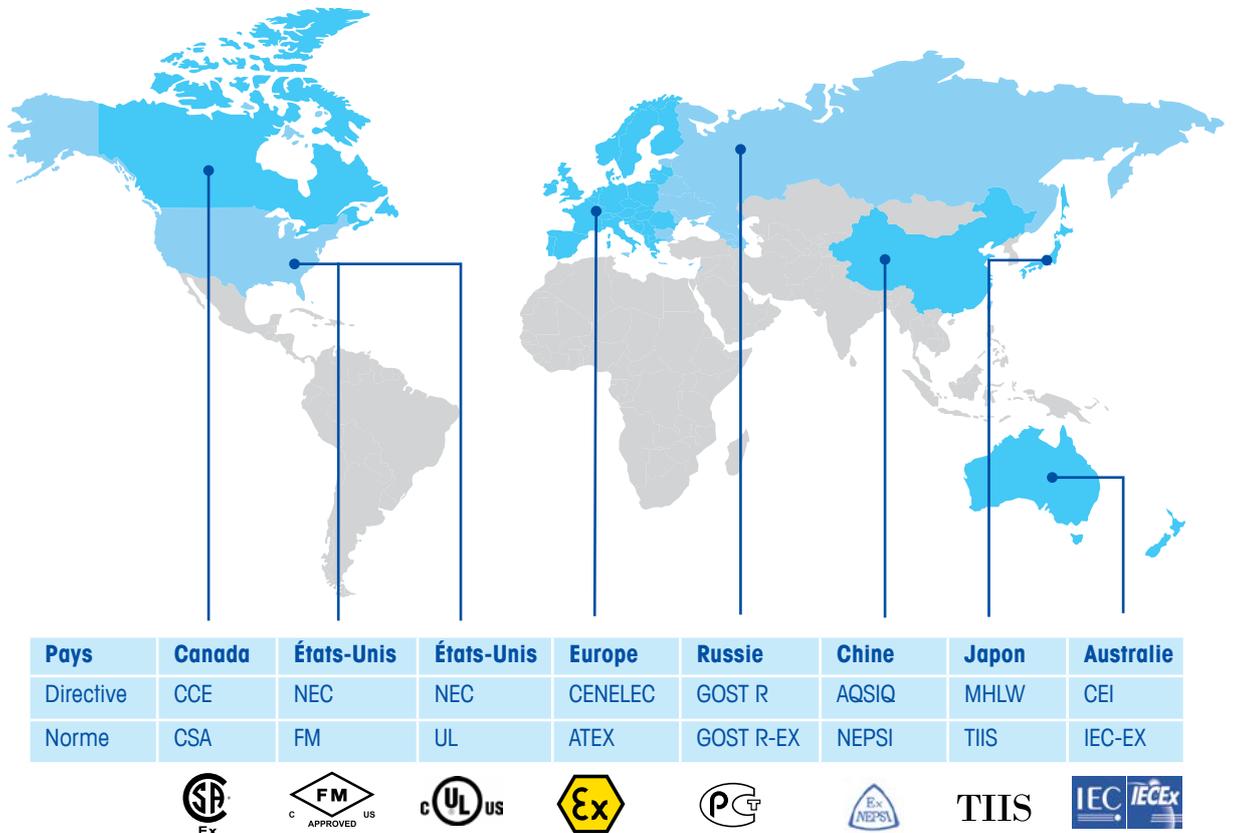


Figure 4 : Carte internationale des directives et des normes

Une carte de base des normes et des réglementations internationales indique la répartition des directives et des certifications en vigueur dans le monde (figure 4).

En Europe par exemple, le CENELEC a établi des normes et des procédures de test uniformes. Les directives ATEX définissent les exigences en ce qui concerne les zones dangereuses. Aux États-Unis, les directives du NEC s'appliquent et l'organisme de certification UL fait autorité. En Australie, les organismes IEC et IECEX créent les normes s'appliquant aux zones dangereuses. Dans d'autres pays et régions, des directives différentes sont appliquées et d'autres organismes de certification sont présents, comme cela est indiqué sur la carte. Toutefois, ce guide se concentre sur les trois directives et normes les plus pertinentes : ATEX, UL/FM et CEI/IECEX.

2.1. Réglementations internationales des équipements électriques

Il existe deux grands organismes internationaux qui fixent les normes applicables en zone dangereuse à l'échelle internationale. Le premier est la Commission électrotechnique internationale (CEI). C'est le principal organisme de normalisation international pour les technologies électriques, électroniques et connexes. L'objectif de la CEI est d'harmoniser les nombreuses normes et réglementations différentes à travers le monde et de supprimer les barrières commerciales pour les produits associés. Par exemple, les normes CEI 60079 sont liées aux exigences générales applicables aux zones dangereuses. Le système CEI est observé en Europe, en Asie, en Australie, en Afrique et dans d'autres régions.

Le deuxième est le NEC (National Electrical Code), dont les directives sont publiées par la National Fire Protection Association (NFPA).

Les exigences en matière de zones dangereuses et de sécurité sur le lieu de travail sont définies par les directives ATEX dans l'Union européenne et les articles du NEC aux États-Unis.

Afin de promouvoir l'harmonisation des normes, de nombreux organismes de réglementation locaux à travers le monde ont adopté tout ou partie des normes de la CEI. Même le NEC et le Code canadien de l'électricité (CCE) reconnaissent maintenant en partie le système de certification en zones dangereuses CEI/CENELEC (figure 2).

Dans les chapitres qui suivent, nous allons explorer les différences entre les normes et leur adoption dans différents pays à travers le monde.

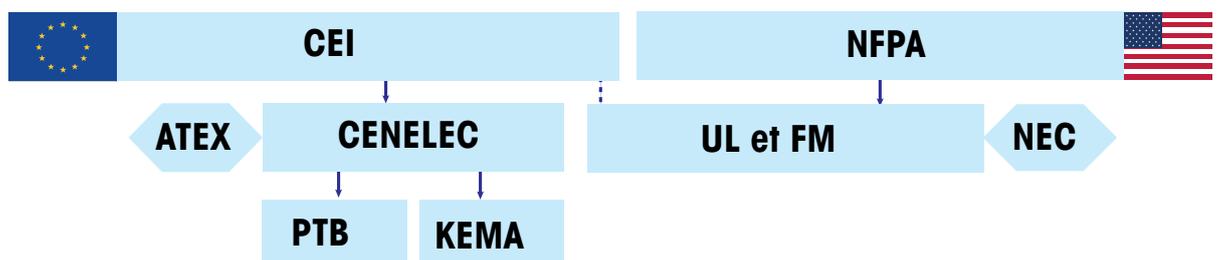


Figure 5 : Vue d'ensemble des normes et réglementations en zones dangereuses

2.2. Normes et directives européennes

Pour établir des exigences et des normes de sécurité qui sont les mêmes dans toute l'Europe, la Commission européenne a dressé des « directives européennes » liées aux produits. Ces directives s'appliquent à tous les types de produits. Les normes européennes correspondantes sont développées par le Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC).

En règle générale, le CENELEC utilise les normes CEI. Cependant, dans certains cas, le CENELEC stipule des exigences plus précises. Le CENELEC ne réalise pas de tests de produits. D'autres organismes appelés « orga-

nismes notifiés » (ON) effectuent les tests des produits selon les normes européennes et les directives ATEX. Il y a plusieurs « organismes notifiés » à travers l'Europe. Deux exemples sont le PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), situé en Allemagne, et le DEKRA Certification B.V., aux Pays-Bas (figure 6).

2.2.1. Directive ATEX

ATEX est l'abréviation de « atmosphères explosibles », ce qui désigne des « atmosphères potentiellement explosives ».

La directive ATEX a été introduite pour éliminer les barrières commerciales au sein de l'Europe. Il s'agit d'une directive légale obligatoire s'appuyant sur plusieurs formes d'évaluation de la conformité. Son but est de définir un niveau de sécurité, qui doit être considéré comme « suffisamment bon » pour avoir l'assurance que les autorités nationales n'ont aucune raison d'empêcher le libre-échange des marchandises au sein de la Communauté européenne.

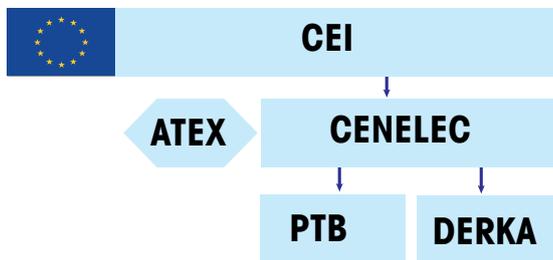


Figure 6 : Normes et directives de la Communauté européenne

Les deux directives concernant les zones dangereuses sont ATEX94/9/CE et ATEX 1999/92/CE. Les directives décrivent l'équipement et l'environnement de travail acceptables dans une atmosphère explosible.

2.2.2. La directive ATEX sur les produits - 94/9/CE

La directive ATEX 94/9/CE s'applique à la fabrication et la distribution d'équipements et de systèmes de protection destinés à être utilisés dans des atmosphères explosibles. Cependant, celle-ci sera remplacée par la directive 2014/34/EU largement modifiée après une période de transition allant jusqu'à 2016. L'objectif principal de cette directive est d'éliminer ou de réduire au minimum les risques résultant de l'utilisation des équipements visés dans des atmosphères explosibles. Elle spécifie les exigences essentielles en matière de santé et de sécurité (EHSR) relatives à la conception et à la construction des équipements et des systèmes de protection destinés à être utilisés dans ces atmosphères.

En définitive, il appartient au fabricant de l'équipement de s'assurer que le matériel produit et certifié pour une utilisation en atmosphères explosibles est conforme à la portée de la directive ci-dessus.

À ce titre, le fabricant doit :

- procéder à une évaluation des risques ;
- identifier les sources d'inflammation ;
- définir les exigences de l'équipement qui sera utilisé à l'intérieur des atmosphères explosibles et les dispositifs de contrôle installés dans la zone sécurisée contribuant à un fonctionnement sûr ;
- produire et certifier l'équipement.

2.2.3. Exigences ATEX pour l'utilisateur - 1999/92/CE

La directive ATEX 1999/92/CE ou ATEX 137 s'applique aux utilisateurs d'équipements dans des atmosphères explosibles. Elle prévoit des exigences minimales visant à améliorer la santé et la protection de la sécurité des opérateurs potentiellement exposés à des atmosphères explosibles. Cette directive vise à compléter la directive ATEX 94/9/CE et offre une protection de la santé et la sécurité des employés en zones dangereuses. La directive s'applique également à l'installation et l'utilisation des équipements électriques.

Les exigences générales pour les employeurs sont d'éliminer ou de maîtriser les risques liés aux substances dangereuses. En outre, la directive impose de réaliser une évaluation des risques et une classification des lieux en « zones » où des atmosphères explosibles dangereuses sont susceptibles d'être rencontrées. Cela se fait en fonction du risque d'explosion.

Obligations de l'employeur

La directive définit des obligations spécifiques que les employeurs doivent remplir. À ce stade, tous les lieux de travail existants doivent se conformer aux exigences qui ont été fixées le 30 juin 2003 et qui sont entrées pleinement en vigueur en juin 2006. Le fabricant doit :

- assurer la prévention et la protection contre les explosions ;
- évaluer les risques d'explosion ;
- garantir des conditions de travail sûres, notamment par la mise à disposition d'instructions et de formations, et la mise en œuvre d'une supervision et de mesures techniques ;
- classer en zones les lieux où des atmosphères explosibles sont susceptibles d'être rencontrées, notamment en marquant les points d'entrée dans les zones concernées ;
- sélectionner l'équipement approprié et identifier les sources possibles d'inflammation ;
- préparer un document de protection antidéflagrante, qui doit démontrer que les risques d'explosion ont été identifiés et évalués, et montrer que les mesures de prévention et de protection appropriées ont été prises.

2.3. Réglementations et normes aux États-Unis et au Canada

Les principes de base en matière de protection contre les explosions sont identiques partout dans le monde. Cependant, des techniques et des systèmes ont été développés en Amérique du Nord dans le domaine de la protection contre les explosions qui diffèrent de ceux recommandés par la Commission électrotechnique internationale (CEI). Bien que les réglementations en vigueur dans ces pays soient quelque peu différentes par rapport au système CEI, elles montrent également que des tentatives d'harmonisation ont été mises en œuvre.

Aux États-Unis, toutes les réglementations relatives aux sites de fabrication à risque se trouvent dans le manuel NEC (National Electrical Code). Les articles 500 à 506 définissent les exigences en matière de classification des zones dangereuses et des zones classées dangereuses en classes, divisions et zones. Au milieu des années 90, la version américaine du système de classification des zones CEI/CENELEC a été adaptée dans l'article NEC 505.

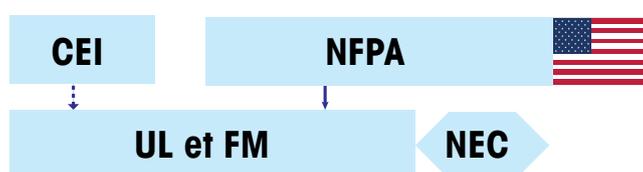


Figure 7 : Réglementations et normes aux États-Unis

Au Canada, le Code canadien de l'électricité (CCE) définit les réglementations applicables. La section 18 et l'annexe J définissent les exigences en matière de classification des zones dangereuses. Le système CCE accepte le système de classification des zones CEI/CENELEC et maintient les normes de classes et de divisions dans une annexe distincte.

2.4. Système de normalisation IECEx

IECEx est un cadre de certification globale unique, fondé sur les normes internationales de la CEI et en passe de devenir la voie privilégiée pour la certification internationale de la sécurité des produits à utiliser en zones dangereuses. Il s'adresse à des pays dont les normes nationales sont identiques à celles de la CEI ou très proches des normes CEI. Le système de certification IECEx est un concept global, qui réduit les barrières commerciales causées par des critères différents d'évaluation de la conformité dans différents pays et ouvre de nouveaux marchés grâce à un certificat reconnu dans le monde entier.

Le champ d'application du système IECEx est défini par les normes établies par le comité de normalisation CEI TC 31. Les exigences générales pour les équipements électriques sont couvertes par la norme CEI EN 60079-0. Celle-ci définit un processus précis pour tester et certifier les nouveaux produits et désigne les organismes habilités à effectuer ces tâches. En outre, le système de certification a été étendu à la maintenance et à la réparation des équipements antidéflagrants. Un troisième volet du système IECEx définit les compétences exigées des spécialistes qui travaillent dans les zones présentant des risques d'explosion.

Le système IECEx comprend 5 volets :

- IECEx 01 : Règles fondamentales
- IECEx 02 : Matériels électriques destinés à être utilisés en atmosphères explosibles
- IECEx 03 : Services de maintenance couvrant les activités de réparation et de révision
- IECEx 04 : Système de licence de marque de conformité IECEx
- IECEx 05 : Système de certification de compétence du personnel

Le système de certification des matériels IECEx fournit un certificat international de conformité unique qui oblige les fabricants à effectuer les tâches suivantes :

- Tests et évaluations d'échantillons pour vérifier leur conformité aux normes.
- Évaluations et audits sur les sites des fabricants.
- Audits de surveillance en continu des sites des fabricants.

Par ailleurs, il offre un processus de mise en place accélérée pour les pays dans lesquels les réglementations nécessitent toujours la délivrance d'approbations ou de certificats Ex nationaux. Cela est possible grâce à la reconnaissance internationale des tests d'équipements et des rapports d'évaluation IECEx.

2.5. Coup d'œil sur les réglementations IECEx, ATEX et NEC

Un parcours commun vers la mise en conformité est d'utiliser des produits préapprouvés de façon indiquée, et, si nécessaire, un organisme notifié (par exemple Baseefa, Sira, TUV) afin de bénéficier d'une évaluation de la conformité et d'une certification supplémentaire. Malheureusement, cela n'est pas toujours suffisant pour l'exportation à l'international.

Une solution acceptable à l'échelle internationale est nécessaire, qui garantit la production d'équipements conçus pour être utilisés dans n'importe quelle partie du monde, sans modification significative. L'approche serait d'utiliser les pratiques reconnues pour atteindre un niveau acceptable de sécurité commun, dans le but de faciliter le libre-échange sur l'ensemble des principaux marchés mondiaux.

	ATEX	NEC/CCE	CEIEx
Statut réglementaire	Système obligatoire	Système obligatoire	Système obligatoire
Base de la conformité	Directives de l'UE (EHSR)	Normes États-Unis/Canada par ex. : ISA, UL, FM, CSA	Normes CEI
Normes	Normes EN	Normes États-Unis/Canada	Normes CEI
Classification des zones	Réglages	Zone, classe et division	Zone
Évaluateur de la conformité	Organismes notifiés Ex (ON Ex) et fabricant	Laboratoires d'essais reconnus au niveau national (UL, FM, CSA, etc.)	Organismes de certification Ex (ExCB) Laboratoires d'essai Ex
Documents délivrés	- Certificat d'examen de type CE - Rapport de test (sur demande) - Certificat/rapport de gestion de la qualité	- Certificat de conformité - Rapport de test - Rapport d'audit	- Certificat de conformité - Rapport de test (ExTR) - Rapport d'évaluation de la qualité - Disponibilité en ligne de tous les documents
Acceptation	Union européenne	Amérique du Nord, Canada	Australie, Nouvelle-Zélande
Marquage de conformité	 	  	 
Acceptation régionale du rapport technique (TR)	Europe, Amérique du Nord, Japon, Brésil, Chine	Amérique du Nord, Canada, Mexique	36 états membres IECEx (statut en 2014)

Tableau 2 : Comparaison entre les réglementations ATEX, NEC/CCE et IECEx

2.6. Exemples de réglementation régionale

2.6.1. Chine

En Chine, la certification des équipements antidéflagrants est obligatoire en vertu des lois suivantes :

- Loi sur la normalisation de la République populaire de Chine
- Loi sur la qualité des produits

Selon ces lois, la conception, l'installation, l'utilisation, la maintenance et la remise à neuf des équipements destinés aux zones dangereuses doivent se conformer à des normes nationales. Ces dix dernières années, plusieurs nouvelles normes ont vu le jour concernant les équipements antidéflagrants. En raison de la politique d'adaptation préférentielle des normes internationales, les normes Ex en Chine se sont adaptées aux normes correspondantes de la CEI.

Le processus de certification en Chine est conduit par plusieurs organismes de certification, notamment :

- Centre national de supervision et d'inspection pour la protection contre les explosions et la sécurité des instruments (NEPSI)
- Centre national chinois de test et de supervision de la qualité pour les produits électriques à protection antidéflagrante (CQST)
- Centre de test et de supervision des produits Ex pour l'industrie pétrolière et chimique chinoise

En sa qualité de laboratoire de test Ex (ExTL), NEPSI accepte les rapports de test IECEx (ExTR) et les rapports ATEX, et délivre un certificat national sur ces bases.

2.6.2. Corée

L'Agence coréenne de la technologie et des normes (KATS) est un représentant officiel de IECEx en Corée. Comme dans d'autres pays, l'agence coréenne accepte un rapport de test Ex (ExTR) et/ou un rapport ATEX comme base pour la délivrance de la certification nationale.

Il y a aussi plusieurs organismes de certification en Corée :

- L'Agence de sécurité et de santé au travail de Corée (KOSHA) est l'organisme national de certification qui certifie les équipements électriques en Corée. Elle travaille en collaboration avec l'Institut coréen de recherche en technologie électrique (KERI) pour ce qui concerne les tests et la certification des équipements électriques.
- KERI est une institution financée par le gouvernement, qui est approuvée pour les tests et la certification des équipements électriques domestiques et des équipements électriques importés avec une certification internationale.

Les deux organismes ont adopté et respectent les normes de la CEI. Il y a aussi les laboratoires d'essai et de certification KTL en Corée, qui réalisent des tests sur les équipements électriques nationaux et importés, et en assurent la certification.

2.6.3. Russie

Tous les équipements électriques utilisés en zones dangereuses doivent être certifiés en Russie et dans les pays de la Communauté des États indépendants (CEI). Pour confirmer que l'équipement est fabriqué conformément aux normes et qu'il est sûr et fiable, une procédure d'homologation doit être suivie.

La certification en Russie est régie par une législation et des lois fédérales. Chaque pays de la CEI a ses propres certificats d'agrément et autorisations pour une exploitation en zones dangereuses. La base juridique de cette certification de l'équipement repose dans les « Règles de certification de l'équipement électrique pour les atmosphères explosibles » (PB 03-538-03). Ce décret est publié par les normes gouvernementales russes n° 28/10 en date de mars 2003.

En Russie, les équipements antidéflagrants doivent se conformer aux normes de protection contre les explosions GOST R. Le certificat correspondant est délivré par le laboratoire d'essai et de certification « Rostest ». Toutefois, les normes russes de protection contre les explosions ont été harmonisées avec les normes de la CEI, ainsi qu'avec les directives européennes ATEX 95 et ATEX 137 et les normes européennes pertinentes. La Russie est un membre du système de certification internationale IECEx. Si l'équipement est certifié selon les normes ATEX, UL, FM ou CSA, le processus de vérification pour obtenir le certificat de conformité de la protection antidéflagrante GOST R peut se limiter à documenter l'examen sans aucun test de laboratoire supplémentaire.

3 Classification des zones dangereuses

3.1. Groupes, zones et classes

Afin d'éviter tout risque d'explosion ou d'incendie et améliorer la sécurité des processus et du personnel, toutes les zones potentiellement dangereuses doivent être classées en fonction des processus mis en œuvre dans chacune d'entre elles. La responsabilité incombe à l'utilisateur final de définir les zones dangereuses selon le type d'opérations réalisées.

La classification des zones est la méthode utilisée pour analyser et classer les environnements dans lesquels des atmosphères de gaz explosifs peuvent être produites, de façon à simplifier le choix des équipements électriques. Le concept d'évaluation du potentiel d'explosivité de certaines zones est d'une importance cruciale pour limiter les risques associés à l'installation d'équipements électriques dans un environnement explosible.

Les tests d'évaluation et la classification appropriée des zones permettent de préparer les procédures de sécurité destinées aux sites de production et de maintenance.

La classification varie dans le monde entier, mais il existe plus généralement deux types de classification :

- Le système de classification des zones européen décrit par la directive ATEX.
- Le système de classification des zones américain décrit par le NEC (National Electrical Code).

3.2. Classification des groupes ATEX

L'Europe a adopté la méthode de la Commission Électrotechnique Internationale (CEI), désignée par le terme anglais « zoning ». Les informations et spécifications relatives à la classification des zones sont définies dans la norme européenne CEI EN 60079-10 et dans les normes nationales. Par ailleurs, l'installation et l'utilisation de systèmes électriques dans des emplacements dangereux, ainsi que la classification des zones dans la Communauté européenne sont définies dans la directive ATEX 94/9/CE.

La directive 94/9/CE traite du risque particulier d'explosion et a pour objectif majeur d'empêcher l'apparition d'une « source potentielle d'inflammation intrinsèque ».

Afin de déterminer la procédure d'évaluation de la conformité appropriée, le fabricant doit effectuer le choix du groupe et de la catégorie d'équipement auxquels sa production est rattachée, en fonction de l'équipement utilisé.

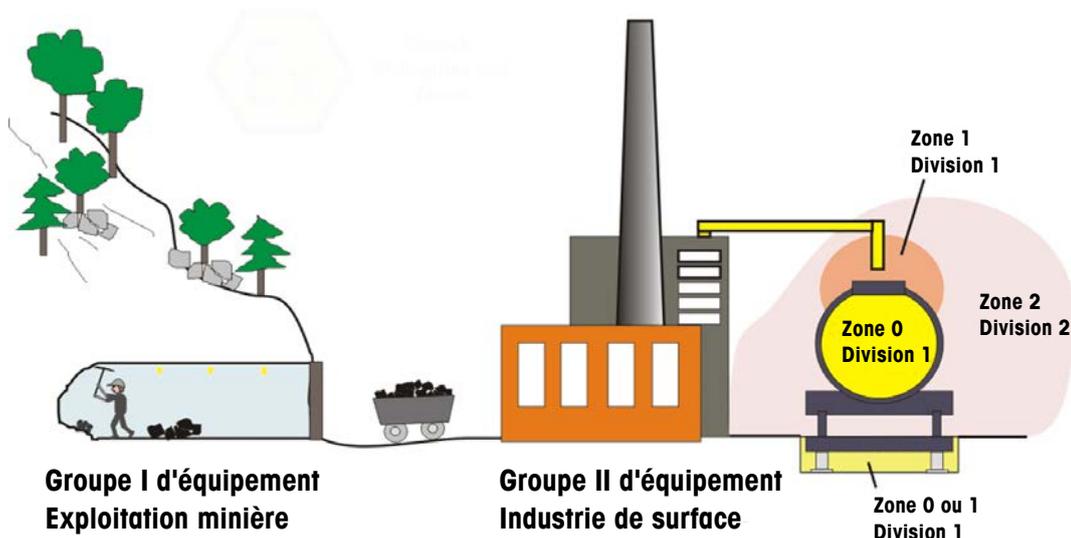


Figure 8 : Définition des groupes et catégories d'équipement selon la directive ATEX 94/9/CE (NEC 500 respectivement)

- Le groupe I d'équipement concerne ceux utilisés dans les exploitations souterraines (mines).
- Le groupe II d'équipement concerne les industries de transformation de surface. Mais aussi, la pétrochimie, les industries chimiques, pharmaceutiques et alimentaires.

Les groupes d'équipement sont en outre subdivisés en catégories, comme l'illustre le tableau 3. Le groupe I est divisé en catégories M1 et M2. Le groupe II est subdivisé en catégories d'équipement 1, 2 et 3.

	Catégorie	Atmosphère	Niveau de protection	Conditions de fonctionnement	Performances en matière de protection
Groupe d'équipement I (ex. : mines)	M1	Méthane, poussière	Très élevé	L'équipement reste sous tension et en fonctionnement en présence d'une atmosphère explosible.	2 méthodes de protection indépendantes ou en sécurité avec 2 défaillances.
	M2		Élevé	L'équipement est mis hors tension en présence d'une atmosphère explosible.	Niveau de sécurité suffisant dans les conditions normales de fonctionnement.
Groupe d'équipement II (ex. : industries de transformation)	Cat. 1	Gaz, vapeur, brouillard, poussière	Très élevé	Reste sous tension et en fonctionnement dans les zones 0, 1, 2 (G) et/ou 20, 21, 22 (D).	2 méthodes de protection indépendantes ou en sécurité avec 2 défaillances.
	Cat. 2		Élevé	L'équipement reste sous tension et en fonctionnement dans les zones 1, 2 (G) et/ou 21, 22 (D).	Convient aux conditions normales de fonctionnement et perturbations se produisant fréquemment, ou en sécurité avec 1 défaillance.
	Cat.3		Normal	Reste sous tension et en fonctionnement dans les zones 2 (G) et/ou 22 (D).	Convient aux conditions normales de fonctionnement.

Tableau 3 : Groupe d'équipement et classification par catégorie selon la directive ATEX 94/9/CE

3.2.1. Groupes de substances (gaz et poussières)

Jusqu'à maintenant, les équipements antidéflagrants ont été classés dans les groupes suivants :

- Groupe d'équipement I (exploitation souterraine, pour les mines présentant des risques).
- Groupe d'équipement II (équipement de surface, pour zones à risques, sauf travaux de mine).

Le groupe d'équipement II, dont il est principalement question dans ce guide, distingue en outre les zones à risque par présence de gaz, de vapeurs et de brouillards et les zones à risque par présence de poussières.

Les informations du tableau 4 ci-dessous indiquent les relations existant entre les groupes d'explosion due aux gaz/poussières et le type de protection nécessaire dans chaque cas.

Groupe d'explosion	Type de groupe	Caractéristiques du groupe
Groupes d'explosion due aux gaz	IIC	Facilement inflammable (ex. : hydrogène, acétylène)
	IIB	Inflammable (ex. : gaz de houille, éthylène, éthylène glycol)
	IIA	Difficilement inflammable (ex. : acétone, benzène, toluène)
Groupes d'explosion due aux poussières	IIIC	Poussières conductrices (conductivité $\leq 10^3 \Omega m$)
	IIIB	Poussières non conductrices (conductivité $> 10^3 \Omega m$)
	IIIA	Fibres inflammables (longueur $> 500 \mu m$)

Tableau 4 : Classification des groupes de substances ATEX

3.2.2. Classification des zones ATEX 1999/9/CE

Conformément à la directive ATEX 1999/9/CE, les zones dangereuses sont réparties en trois zones pour les gaz et en trois zones pour les substances poussiéreuses.

La classification proposée pour une zone donnée est opérée en fonction de la fréquence et de la durée d'apparition de l'atmosphère explosible (tableau 5).

Classification des zones		
Gaz	Zone 0	Une atmosphère explosible est présente en permanence ou pendant de longues périodes.
	Zone 1	Une atmosphère explosible est susceptible d'apparaître de temps en temps dans les conditions normales de fonctionnement.
	Zone 2	Une atmosphère explosible est susceptible d'apparaître rarement ou pendant de courtes périodes.
Poussière	Zone 20	Une atmosphère explosible est présente en permanence ou pendant de longues périodes.
	Zone 21	Une atmosphère explosible est susceptible d'apparaître de temps en temps dans les conditions normales de fonctionnement.
	Zone 22	Une atmosphère explosible est susceptible d'apparaître rarement ou pendant de courtes périodes.

Tableau 5 : Classification des zones selon la directive ATEX 1999/92/CE

Ce concept est utilisé avec succès depuis de nombreuses années pour spécifier et sélectionner les équipements électriques destinés aux atmosphères explosibles chargées en gaz ou en poussières. Les zones 0, 1 et 2 sont utilisées pour désigner des atmosphères explosibles contenant des gaz et des vapeurs. Les zones 20, 21 et 22 sont les zones contenant des poussières explosives et inflammables.

Une méthodologie pour la classification des zones explosibles est également disponible dans les normes européennes EN 60079-10. La méthodologie appliquée dans les normes repose sur le concept des « trois sources de rejet », à savoir en continu, primaire et secondaire. La figure 9 montre la classification des zones sur la base des normes mentionnées ci-dessus.

Les industries de transformation, notamment la pétrochimie ainsi que les industries chimiques et pharmaceutiques, sont désignées comme des industries de surface et appartiennent aux industries du groupe II. Elles peuvent être exposées à des atmosphères chargées en gaz ou en poussières.

La classification des zones en fonction du risque d'explosion est une procédure assez complexe, mais elle repose principalement sur l'identification du type et du nombre de sources d'émissions et sur la présence d'un système de ventilation.

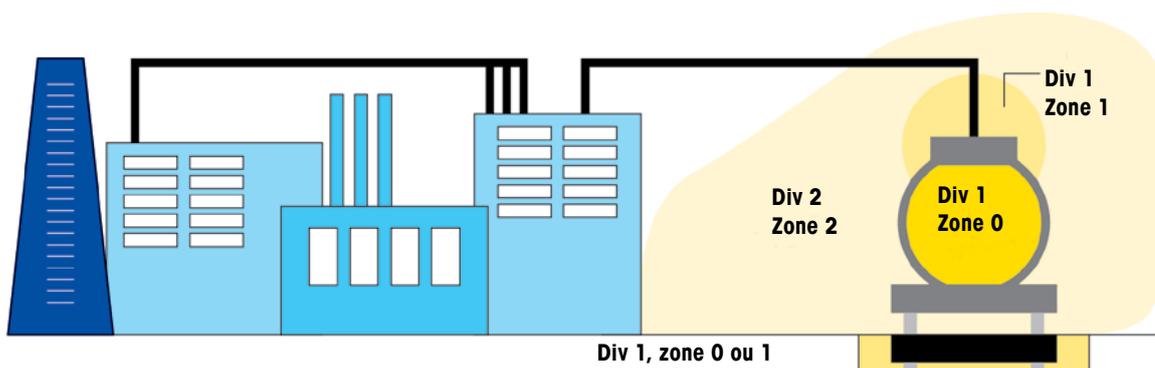


Figure 9 : Classification des zones conformément aux normes EN 60079-10 et ATEX 1999/9/CE (NEC 500 respectivement)

La classification des zones dangereuses est établie sur la base du niveau des émissions :

- Des émissions en continu caractérisent une zone 0/20.
- Des émissions primaires caractérisent une zone 1/21.
- Des émissions secondaires caractérisent une zone 2/22.

En dépit du fait qu'il n'existe aucune règle fixée concernant la présence (durée et probabilité) d'une atmosphère explosible associée aux zones 0/20, 1/21, 2/22, le tableau et le graphique constituent des références utiles.

- Dans le cadre d'émissions en continu, la durée globale de l'atmosphère explosible est supérieure à 1 000 heures par an.
- En ce qui concerne les émissions primaires, la durée globale de l'atmosphère explosible est comprise entre 10 et 1 000 heures par an.
- Pour ce qui est des émissions secondaires, ce paramètre est inférieur à 10 heures par an.

Une personne qualifiée ou un organisme de certification doit réaliser le processus de classification des zones et l'évaluation des risques d'explosion associés. Il doit également déterminer les mesures de protection nécessaires.

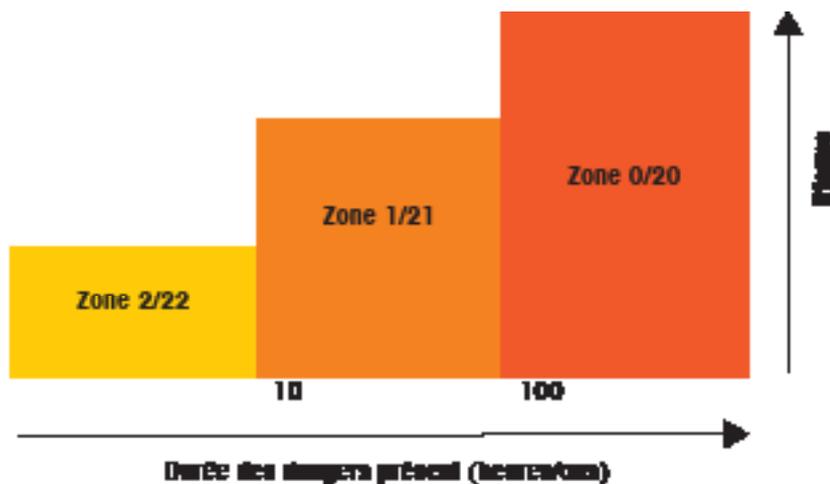


Figure 10 : Durée et présence de dangers selon le risque (zone)

3.2.3. Catégories d'équipement ATEX 94/9/CE et niveau de protection de l'équipement IECEx

L'équipement requis doit correspondre aux catégories d'équipement attribuées et aux niveaux de protection de l'équipement (EPL) prescrits par la classification des zones. Ces exigences en matière d'équipement sont classées selon les catégories d'équipement européennes sur la base de la directive 94/9/CE (ATEX 95) de l'Union européenne. Le niveau de protection de l'équipement (EPL), introduit par la CEI, s'applique à l'échelle internationale. Les deux classifications peuvent être utilisées lors du marquage des équipements. Cette classification nous renseigne sur la probabilité d'une inflammation, en prenant en compte les atmosphères explosibles chargées en gaz ou en poussières.

Le tableau 6 présente les définitions des catégories d'équipement et les niveaux de protection de l'équipement (EPL), ainsi que leurs différences. La définition des niveaux de protection de l'équipement (EPL) est habituellement utilisée dans le système de marquage IECEx (voir chapitre 5).

ATEX 94/9/CE (ATEX 95) : catégorie d'équipement	IECEx (CEI 60079-0) : niveau de protection de l'équipement
Classification de l'équipement requis dans les zones de surface présentant un risque d'explosion en Europe divisée en trois catégories d'équipement pour les zones à risque en raison de la présence de gaz (G) ou pour les zones à risque en raison de la présence de poussières inflammables (D).	Classification de l'équipement requis dans les zones de surface présentant un risque d'explosion en Europe divisée en trois niveaux de protection pour les zones à risque en raison de la présence de gaz (G) ou pour les zones à risque en raison de la présence de poussières inflammables (D).
Catégorie 1 : 1G ou 1D Niveau de sécurité très élevé. L'équipement est sûr, même en cas de possible défaillance de l'équipement dans de rares cas. Deux mesures de protection contre les explosions. L'équipement est sûr même lorsque deux défaillances se produisent indépendamment l'une de l'autre.	EPL Ga ou Da Équipement avec un niveau de protection de l'équipement « très élevé » pour une utilisation dans des zones à risque d'explosion dans lesquelles il n'existe aucun risque d'inflammation dans des conditions de fonctionnement normales, ou en cas de rares défaillances/dysfonctionnements prévisibles.
Catégorie 2 : 2G ou 2D Niveau de sécurité élevé. L'équipement est sûr, même en cas de défaillance de celui-ci, ce qui se produit fréquemment ou est généralement à prévoir. L'équipement est sûr, même en cas de défaillance.	EPL Gb ou Db Équipement avec un niveau de protection de l'équipement « élevé » pour une utilisation dans des zones à risque d'explosion dans lesquelles il n'existe aucun risque d'inflammation dans des conditions de fonctionnement normales, ou en cas de défaillances/dysfonctionnements prévisibles.
Catégorie 3 : 3G ou 3D Niveau de sécurité normal. L'équipement est sûr en fonctionnement normal.	EPL Gc ou Dc Équipement avec un niveau de protection de l'équipement « étendu » pour une utilisation dans des zones à risque d'explosion dans lesquelles il n'existe aucun risque d'inflammation dans des conditions de fonctionnement normales, et qui mettent en œuvre des mesures de protection supplémentaires garantissant l'absence de tout risque d'inflammation en cas de défaillances prévisibles de l'équipement.

Tableau 6 : Définition des catégories d'équipement ATEX 94/9/CE et du niveau de protection de l'équipement IECEx

3.2.4. Comparaison des directives ATEX 94/9/CE et ATEX 1999/92/CE

Le tableau 7 compare les deux directives pour les fabricants d'équipements et pour les utilisateurs. Il y a un lien direct entre les deux directives dans la mesure où les trois catégories d'équipement spécifiées par la directive ATEX 94/9/CE correspondent aux trois zones utilisées dans la directive ATEX 1999/92/CE pour la classification des zones dangereuses.

Par conséquent, dans la zone 2/22, la catégorie 3 d'équipement peut être utilisée, alors que dans la zone 0/20 (où une atmosphère explosible peut être présente en permanence), la catégorie 1 d'équipement doit être utilisée.

Exigences ATEX 94/9/CE pour le fabricant	Exigences ATEX 1999/92/CE pour l'utilisateur
Définition de la zone d'utilisation de l'équipement, spécification du groupe/de la catégorie d'équipement.	Évaluation des risques des zones dangereuses sur les lieux de travail et de la sécurité des opérateurs.
Catégorie 1 d'équipement. Catégorie 2 d'équipement. Catégorie 3 d'équipement.	Zone 0/20. Zone 1/21. Zone 2/22.
Conformité aux exigences essentielles en matière de santé et de sécurité ou aux normes applicables.	Conformité aux exigences en matière d'installation et de maintenance.
Évaluation de l'équipement quant au risque d'inflammation.	Évaluation des risques sur le lieu de travail, obligation de coordination.
Préparation d'une documentation relative à la conformité.	Préparation d'un document sur le risque d'explosion.
Contrôle qualité approprié.	Mises à jour régulières.

Tableau 7 : Comparaison des directives ATEX 94/9/CE et 1999/92/CE

3.3. Classification NEC en classes/divisions pour l'Amérique du Nord

Aux États-Unis, toutes les réglementations relatives aux sites de fabrication à risque se trouvent dans le manuel NEC (National Electrical Code). Les articles 500, 501, 502, 503 et 505 définissent les exigences en matière de classification des zones dangereuses en classes, groupes, divisions et zones.

Selon NEC 500, les zones dangereuses sont réparties en classes de substances I, II, et III selon le type de matériau présent. Le tableau 8 montre la classification des zones dangereuses conforme aux articles NEC 500 à 505.

- Les zones de classe I sont celles dans lesquelles des gaz ou des vapeurs inflammables sont présents dans l'air en quantité suffisante pour produire un mélange explosif ou inflammable (NEC 501).
- Les zones de classe II sont celles où de la poussière est présente en quantités suffisantes pour qu'il existe un risque d'incendie ou d'explosion. Pour être considéré comme une « poussière », le matériau combustible doit être présent sous la forme de particules solides finement divisées de 420 microns (0,017 pouce) ou moins (NEC 502).
- Les zones de classe III sont considérées dangereuses en raison de la présence de fibres ou de particules en suspension facilement inflammables (NEC 503).

ou explosive	Classe de substances	Classification des zones		Caractéristiques de la zone dangereuse
		NEC 500	NEC 505	
Gaz/vapeurs	Classe I (NEC 501)	Division 1	Zone 0	Risque d'explosion présent en continu ou parfois dans les conditions normales de fonctionnement.
			Zone 1	
		Division 2	Zone 2	Des concentrations inflammables de gaz ou de vapeurs combustibles ne sont pas normalement présentes, mais elles pourraient être présentes en cas de défaillance.
Poussières	Classe II (NEC 502)	Division 1	Zone 20	Des poussières combustibles sont présentes en quantités suffisantes pour produire des mélanges explosifs et inflammables.
			Zone 21	
		Division 2	Zone 22	Des poussières combustibles résultant d'un mode de fonctionnement anormal peuvent être présentes en quantités suffisantes pour produire des mélanges explosifs ou inflammables.
Fibres	Classe III (NEC 503)	Division 1	Non équivalent	Des fibres/particules en suspension facilement inflammables sont manipulées ou fabriquées.
		Division 2		Des fibres/particules en suspension facilement inflammables sont stockées ou manipulées.

Tableau 8 : Système de classification des zones dangereuses conforme aux articles NEC 500 à 505

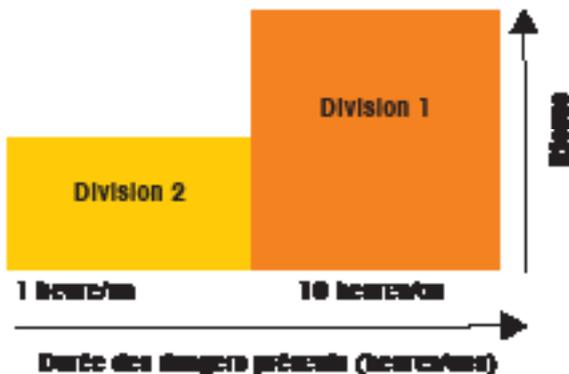


Figure 10 : Durée et présence de dangers selon le risque (division)

3.3.1. Classification des groupes de substances NEC

Chaque classe est également divisée en groupes de matériaux A, B, C, D, E, F et G. L'article 500 définit la classification des classes de substances en groupes de substances en fonction de leurs propriétés et de leur volatilité. Le tableau 9 présente cette classification.

La base utilisée pour la définition du groupe de substances conformément à l'article 500 est le niveau de risque. Dans ce cas, il s'agit d'un coefficient multiplicateur basé sur l'expérience assurant une sécurité maximale avec une forte tolérance ou du courant minimal d'inflammation.

- Le groupe IIC représente un risque très élevé.
- Le groupe IIB représente un risque élevé.
- Le groupe IIA représente un risque modéré.

ou explosive	Classe de substances (NEC 500)	Groupe de substances (NEC 505)	Nom de la substance
Classe I	A	IIC	Acétylène
	B		Hydrogène
	C	IIB	Éthylène
	D	IIA	Propane
Classe II	E	IIIC	Poussière métallique combustible
	F		Combustible
	G		Poussière non combustible

Tableau 9 : Classification des groupes de substances conforme aux articles NEC 500 et NEC 505

3.3.2. Classification des zones selon la NEC américaine et la CCE canadienne

L'article NEC 505 est un système de classification alternatif aux classes II et III, qui repose sur les zones de la Commission électrotechnique internationale (CEI). Les zones 20, 21 et 22 s'appliquent aux poussières combustibles ou aux fibres ou particules inflammables en suspension. Les poussières métalliques combustibles ne sont pas couvertes par l'article NEC 505.

Au Canada, le Code canadien de l'électricité (CCE) définit les réglementations applicables. La section 18 du CCE et l'annexe J définissent les exigences en matière de classification des zones dangereuses. Le système CCE accepte le système de classification des zones CEI/CENELEC et maintient les normes de classe et de division dans une annexe distincte.

Le CCE inclut les règles suivantes :

- Règle 18-000 - Exigences générales en classe I, zones et classes II et III, division
- Règle 18-090 - Exigences spécifiques en classe I, zone 0
- Règle 18-100 - Exigences spécifiques en classe I, zones 1 et 2
- Règle 18-200 - Exigences spécifiques en classe II, division
- Règle 18-300 - Exigences spécifiques en classe III, division
- Annexe J - Exigences générales et spécifiques en classe I, division

Le NEC et le CCE pour le Canada peuvent être considérés comme le point de départ à partir duquel sont dérivés tous les aspects ultérieurs du code d'installation en zone dangereuse en Amérique du Nord (Haz Loc). Les codes NEC comprennent tous les renseignements sur les exigences en matière de construction, de performances et d'installation des équipements.

3.4. Température d'inflammation et classes de températures

Les gaz et les vapeurs inflammables sont répartis en classes de températures en fonction de leur inflammabilité. La température d'inflammation d'un gaz inflammable correspond à la température minimale d'une surface pour enflammer une vapeur, un gaz ou un nuage de poussières combustibles.

Les fabricants d'équipements sont tenus de classer les équipements électriques selon des classes de températures en fonction du niveau d'inflammation du matériau utilisé. La méthode de test de la température d'inflammation est définie par la CEI et le CENELEC et elle est présentée dans la norme CEI 60079-4 de manière synthétique.

Les classes de températures de T1 à T6 sont définies pour les gaz et les vapeurs inflammables comme des outils permettant d'assurer la sécurité et la protection. En pratique, cela signifie que la température de surface maximale d'un matériau doit toujours être inférieure à la température d'inflammation du mélange gaz/air ou vapeur/air. Augmenter le nombre de classes de températures revient à diminuer la température de surface de l'équipement.

Bien entendu, un équipement appartenant à une classe de température supérieure (ex. : T5) peut également être utilisé pour des applications nécessitant un équipement issu d'une classe de température inférieure (ex. : T2 ou T3). En Amérique du Nord, il existe un système incorporant une classification supplémentaire selon des sous-classes de températures (Tableau 10).

Température d'inflammation pour les gaz et les vapeurs	Température de surface maximale	NEC 500	CENELEC/NEC 505
> 450 °C	450 °C	T1	T1
> 300 à 450 °C	300 °C	T2	T2
> 200 à 300 °C	280 °C	T2A	-
	260 °C	T2B	-
	230 °C	T2C	-
	215 °C	T2D	-
> 135 à 200 °C	200 °C	T3	T3
	180 °C	T3A	-
	165 °C	T3B	-
	160 °C	T3C	-
> 100 à 135 °C	135 °C	T4	T4
	120 °C	T4A	-
	100 °C	T5	T5
> 85 à 100 °C	85 °C	T6	T6

Tableau 10 : Classes de températures d'inflammation

Par exemple, l'hexane, un solvant courant dans l'industrie chimique, s'enflamme à une température de 240 °C.

Les équipements utilisés dans un environnement en présence d'hexane doivent donc au moins appartenir à la classe T3, dont la température maximale définie est de 200 °C, soit une température inférieure à la température d'inflammation de l'hexane.

Bien sûr, les classes T4, T5 ou T6 sont également valides, car elles ont toutes une température maximale définie inférieure à la température d'inflammation de l'hexane.

Groupe de substances	Classe de température					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	Non pertinent pour les équipements de pesage					
IIA	Acétone Éthane Acétate d'éthyle Ammoniaque Benzène (pur) Acide acétique Monoxyde de carbone Méthane Méthanol Propane Toluène	Éthanol Acétate d'i- amyle n-Butane Alcool n-buty- lique	Benzine Carburant diesel Carburant aviation Fuel domestique Huiles n-hexane	Acétylaldéhyde Éthyle, éther		
IIB		Éthylène				Disulfure de carbone
IIC	Hydrogène	Acétylène	Disulfure d'hydro- gène			

Tableau 11. Classes de températures et système de groupes de substances

3.5. Comparaison entre le système de classification de zones ATEX et la classification NEC en classes/divisions

Pour mieux comprendre les différences et les similarités entre les deux systèmes utilisés en Europe et en Amérique du Nord, ainsi que dans d'autres parties du monde, le diagramme suivant indique les corrélations et les différences observées. Les deux systèmes sont valides et ils sont développés indépendamment l'un de l'autre. Chaque système propose sa propre approche de la classification des zones et chacun d'entre eux dispose d'organismes de soutien et d'approbation dédiés. Actuellement, le système de classification des zones est utilisé de manière plus large dans les secteurs de la chimie et de la pétrochimie partout dans le monde. La classification NEC en classes/divisions est la méthode qui prévaut en Amérique du Nord. Cette méthode est simple et laisse peu d'interprétation en ce qui concerne la classification et les matériels électriques pouvant être utilisés ou non. Par contre, le système de classification des zones offre davantage de choix dans le traitement d'applications spécifiques, ce qui peut le rendre également plus complexe.

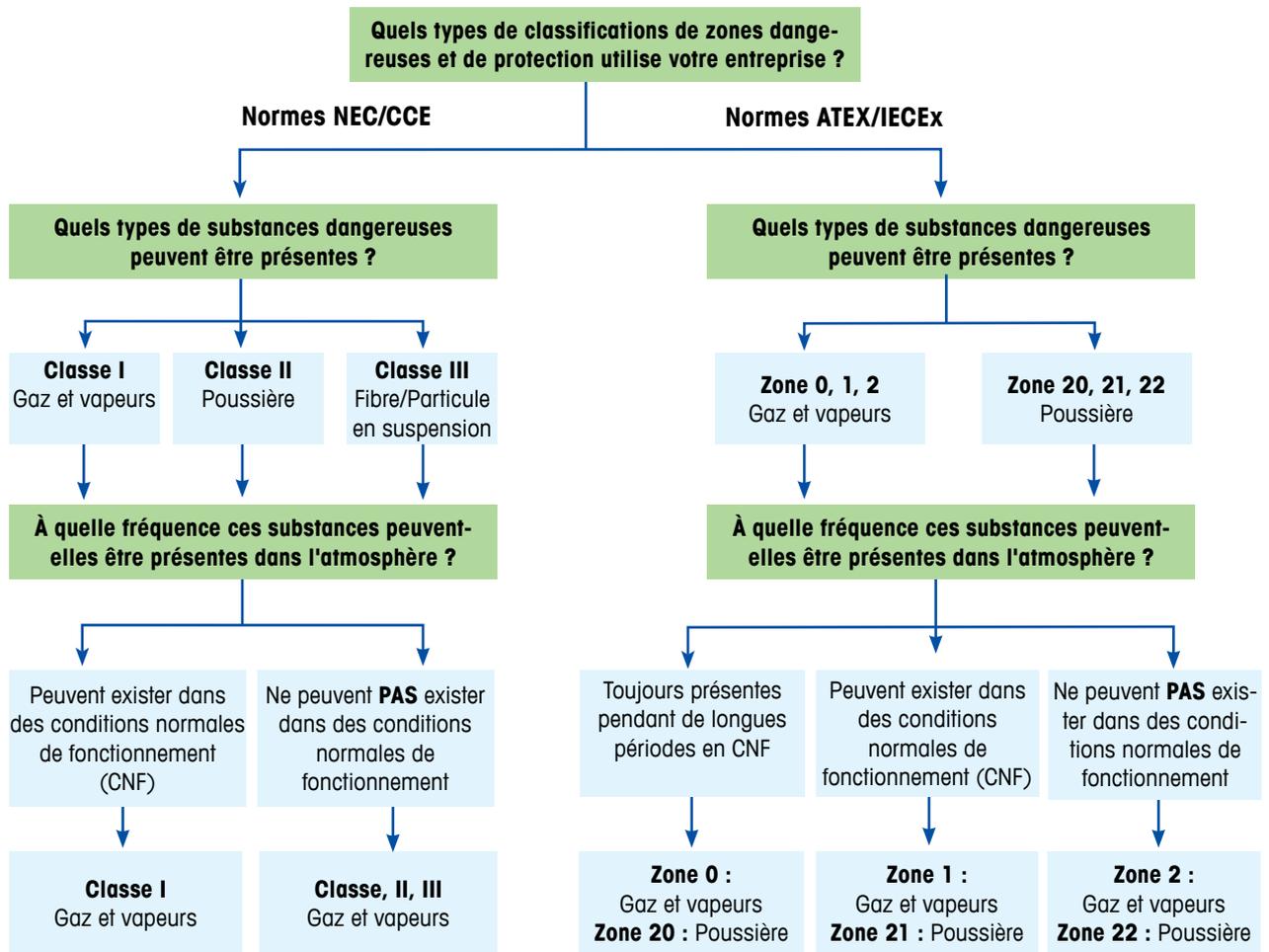


Figure 11 : Comparaison entre le système NEC et le système de classification des zones et des classes ATEX/IECEx

4 Méthodes de protection contre l'inflammation

Le concept de sécurité de base consiste à éliminer l'existence simultanée de sources d'inflammation possibles. La méthode de protection des équipements dépend probablement du niveau de sécurité nécessaire pour le type d'emplacement dangereux. Outre le niveau de sécurité requis pour la zone classée, d'autres aspects doivent être pris en compte, comme la taille de l'équipement, son fonctionnement normal, son alimentation électrique, les coûts d'installation associés et la polyvalence de la méthode de protection pour la maintenance.

Le tableau 12 présente les types de protection normalisés. Il décrit le principe de base de chaque méthode de protection, ainsi que la norme applicable et la zone classée. Les méthodes de protection sont normalisées et les normes varient dans différents pays. Toutefois, les principes de protection sont identiques, quel que soit le pays. Lorsqu'il s'agit de concevoir et de développer des équipements de pesage pour les zones dangereuses, la technologie à sécurité intrinsèque et la technologie à enveloppe antidéflagrante sont les méthodes principalement adoptées.

Type de protection	Marquage		Principe	Norme			Classification des zones	
	UE	États-Unis		CEI/EN	États-Unis	CSA	Zone(s) (ATEX 94/ 9/CE)	Division (NEC 500)
Réglementation générale	Ex	AEx	Base du type de protection.	60079-0	FM 3600 UL 60079-0	CSA C22.2 #60079-0		
Sécurité intrinsèque	Ex ia	AEx ia	Limiter l'énergie ; aucune étincelle ou surface chaude.	60079-11	FM 3610 UL 60079-11	CSA E60079-11	0, 1 et 2	1 et 2
	Ex ib	AEx ia					1 et 2	
	Ex ic						2	2
Enveloppe antidéflagrante	Ex d	AEx d	Contenir l'explosion, éteindre la flamme.	60079-1	ISA 60079-1 UL 60079-1	CSA 22.2 #60079-1	1 et 2	1 et 2
Sécurité augmentée	Ex e	AEx e	Enveloppe étanche à l'eau et aux poussières.	60079-7	ISA 60079-7 UL 60079-7	CSA E60079-7	1 et 2	1 et 2
Anti-étincelle	Ex nA	AEx nA	Aucun appareil pouvant produire des étincelles.	60079-15	ISA 60079-15 UL 1203	CSA E60079-15	2	2
	Ex nC	AEx nC	Appareils et composants pouvant produire des étincelles.					
Encapsulation	Ex m	AEx m	Maintien de l'atmosphère explosible à l'écart de toute source d'inflammation.	60079-18	ISA 60079-18 UL 60079-18	CSA E79-18	0, 1 et 2	1 et 2
Surpression interne	Ex p	AEx p	Purger l'enveloppe à l'aide d'air inerte sous pression.	60079-2	FM 3620 UL 60079-2	CSA E60079-2	1 et 2	1 et 2
Immersion dans l'huile	Ex o	AEx o	Maintenir l'atmosphère explosible à distance de la source d'inflammation.	60079-6	ISA 60079-6 UL 60079-6	CSA E60079-6	1 et 2	1 et 2

Tableau 12 Méthodes de protection et normes associées

4.1. Sécurité intrinsèque - « Ex I »

À la suite de son introduction dans les applications non minières, la sécurité intrinsèque a évolué jusqu'à devenir l'une des méthodes de prédilection pour la protection dans les industries de transformation. À l'heure actuelle, elle est l'une des méthodes les plus sûres et les plus avancées de protection contre l'inflammation. Elle s'est imposée comme la méthode de choix, car elle garantit la sécurité de l'intégralité du système, et ce, quelle que soit l'application. La technologie à sécurité intrinsèque prévient les explosions en veillant à ce que l'énergie transférée dans une zone dangereuse soit nettement inférieure à l'énergie nécessaire pour déclencher une explosion. En tant que telle, elle est réservée aux appareils et circuits électriques dans lesquels la sortie ou la consommation d'énergie est limitée. Les systèmes à sécurité intrinsèque permettent d'utiliser l'équipement sans risquer d'enflammer un gaz, des poussières ou des fibres inflammables.

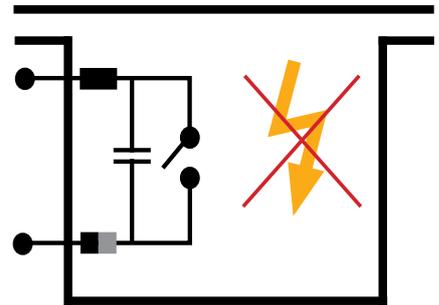


Figure 12 : Enveloppe à sécurité intrinsèque

Circuit à sécurité intrinsèque.

Un circuit électrique est à sécurité intrinsèque lorsque l'énergie qu'il produit est inférieure à l'énergie minimale d'inflammation (EMI), définie par les normes adéquates. En Europe, la norme CEI EN60079-11 décrit la construction et les tests d'un équipement à sécurité intrinsèque, contrairement à la norme FM3610 en vigueur aux États-Unis. Un équipement électrique à sécurité intrinsèque est conçu pour limiter la tension à vide (V_{oc}) et le courant de court-circuit (I_{sc}) afin de réduire au maximum l'énergie produite. Il doit également être conçu de manière à ce que les étincelles produites à l'ouverture, la fermeture ou la mise à la terre du circuit ou par toute autre partie chaude du circuit lui-même ne provoquent pas d'inflammation. Un équipement électrique et un câblage à sécurité intrinsèque peuvent être utilisés dans les zones dangereuses classées zone 1/division 1, à condition d'être approuvés pour l'emplacement concerné.

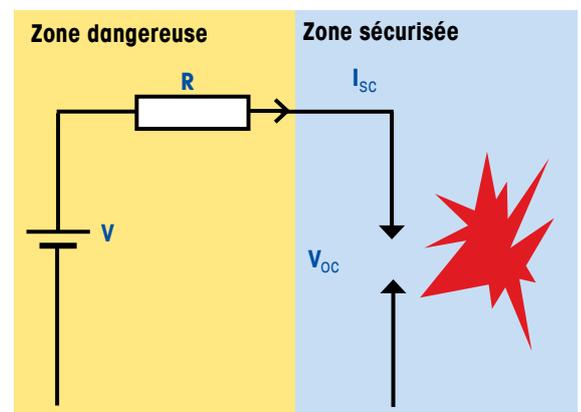


Figure 13 : Circuit à sécurité intrinsèque

Classification de sécurité intrinsèque et niveaux de protection

La sécurité intrinsèque offre trois niveaux de classification, « ia », « ib » ou « ic », basés sur le niveau de sécurité et le nombre de défaillances possibles. Chaque classification tente d'équilibrer la probabilité de la présence d'une atmosphère explosible avec la probabilité d'apparition d'une inflammation. Le niveau de protection « ia » est un prérequis pour les équipements de catégorie 1 et il est adapté à une utilisation en zone 0. Le niveau de protection « ib », relatif aux équipements de catégorie 2, est adapté à une utilisation en zone 1/division 1. Le niveau de protection « ic », relatif à la catégorie 3, est adapté à une utilisation en zone 2/division 2.

Ces classifications permettent de s'assurer que les équipements sont adaptés à une application dangereuse adéquate. Par exemple, un équipement classé « Ex ib » est un équipement conçu avec un circuit à sécurité intrinsèque et pouvant être installé dans les zones dangereuses classées zone 1/division 1. Par ailleurs, la classification « ib » indique qu'une défaillance est possible.

Un équipement classé « [Ex ib] » ou « Ex [ib] » est défini comme un appareil électrique associé et contient à la fois des circuits à sécurité intrinsèque et non intrinsèque. Les crochets indiquent que l'appareil électrique associé contient un circuit à sécurité intrinsèque pouvant être introduit en zone 1/division 1. Dans le premier cas, « [Ex ib] », l'équipement doit être installé dans la zone non dangereuse. Dans le cas de « Ex [ib] », l'équipement peut être installé dans une zone dangereuse classée zone 1/division 1 et dans la zone non dangereuse.

Il est également possible que différentes pièces du système aient différents niveaux de protection. Le tableau 13 présente différents niveaux de protection, le nombre de défaillances possible et la zone dangereuse adéquate.

	ai	ib	ic
Zone dangereuse	Zone 0, 1,2/division 1	Zone 1,2	Zone 2/division 2
Défaillances possibles	2	1	Fonctionnement normal

Tableau 13 : Niveaux de protection à sécurité intrinsèque

Certains termes et définitions pour les équipements à sécurité intrinsèque sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Terme	Définition
Circuit à sécurité intrinsèque	Un circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique ne peuvent provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosible.
Équipement électrique à sécurité intrinsèque	Tous les circuits de l'équipement électrique sont à sécurité intrinsèque. La tension et le courant présents dans le circuit à sécurité intrinsèque sont suffisamment bas pour empêcher qu'un court-circuit, une interruption ou un court-circuit à la terre ne provoquent l'inflammation d'une atmosphère explosible. Les équipements électriques à sécurité intrinsèque sont adaptés à une utilisation directe dans une zone dangereuse classée zone 0, 1, 2/zone 20, 21, 22 et en division 1. Marquage type : Ex ib IIC
Équipement électrique associé	Au moins un circuit de l'équipement électrique associé est à sécurité intrinsèque. Les capteurs connectés au circuit à sécurité intrinsèque peuvent être situés dans la zone dangereuse. Cependant, l'équipement électrique associé ne doit pas se trouver dans la zone dangereuse sans autre type de protection. Le type de protection est indiqué entre crochets : Marquage type : [Ex ib] IIC
Énergie minimale d'inflammation	L'énergie minimale d'inflammation correspond à la quantité minimale possible d'énergie requise pour enflammer une vapeur, un gaz ou un nuage de poussières combustibles. Elle est mesurée en joules.

Tableau 14. Termes et définitions pour les équipements à sécurité intrinsèque

4.2. Enveloppe antidéflagrante - « Ex d »

Conforme à la norme CEI EN60079-1 de classe « Ex d », la méthode de protection par enveloppe antidéflagrante est fondée sur le concept de confinement des explosions. Ce concept dépend des carters de l'équipement et du câblage pour empêcher la propagation d'une inflammation interne à l'atmosphère environnante. Autrement dit, l'explosion n'est pas étouffée, mais elle reste confinée dans le carter conçu pour résister à l'excès de pression.

En fait, le jet de gaz résultant, originaire du carter, est rapidement refroidi par la conduction de chaleur et l'expansion du gaz du carter. Le gaz chaud est ensuite dilué dans l'atmosphère externe, plus fraîche. Ceci n'est possible que si les dimensions des orifices ou interstices du carter sont suffisamment petites et bien contrôlées. Un système doté d'une enveloppe antidéflagrante est généralement considéré comme plus simple à concevoir qu'un système à sécurité intrinsèque, car il rend inutile la conception d'un équipement entièrement neuf. Toutefois, il est généralement plus coûteux à installer, (coûts des câblages scellés entre les zones non dangereuse et dangereuse). Il est également souvent plus imposant et lourd qu'une solution à sécurité intrinsèque.

Ce type d'équipement est plus complexe et plus chronophage à entretenir, car le caractère non dangereux de la zone doit être avéré ou l'énergie de l'équipement, drainée avant le retrait des couvercles. Un permis de travail à chaud est requis pour effectuer le travail de maintenance de ces systèmes. En outre, lors de la réinstallation des couvercles, il convient de vérifier soigneusement que les éléments d'assemblage sont serrés avec précision selon un couple défini.

4.3. Sécurité augmentée - « Ex e »

L'objectif principal de la sécurité augmentée est d'assurer la prévention de températures élevées et d'éviter l'apparition d'étincelles ou d'arcs électriques indésirables. L'équipement a généralement une tension maximale limitée à la tension du réseau de distribution de 11 kV. Les exigences de conception de base en matière de construction et de protection sont décrites dans la norme CEI 60079-7.

Une enveloppe doit être construite pour résister aux chocs mécaniques et pour offrir un niveau d'étanchéité spécifique (indice de protection IP). Deux exigences fondamentales : les équipements doivent disposer d'une protection de niveau IP54 au minimum pour les gaz/vapeurs et de niveau IP6X pour les risques liés aux poussières.

Cette méthode de protection peut être utilisée dans les zones dangereuses classées zone 1/division 1 et zone 2/division 2. Par conséquent, elle est souvent préférée à la méthode de protection par enveloppe antidéflagrante « Ex d » en raison des niveaux réduits de maintenance et d'inspection nécessaires.

Un autre aspect essentiel est que les équipements à sécurité augmentée sont souvent construits avec des matériaux légers, ce qui permet souvent de diminuer les coûts.

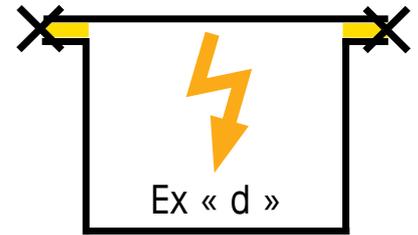


Figure 14 : Enveloppe antidéflagrante

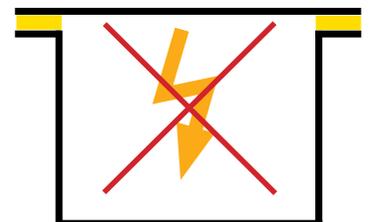


Figure 16 Enveloppe à sécurité augmentée

4.4. Anti-étincelle - « Ex n »

La protection anti-étincelle est réglementée par la norme européenne CEI 60079-15. L'utilisation d'une telle enveloppe est autorisée dans les zones 2/division 2. Elle ne doit générer aucun arc, aucune étincelle ou aucune température dangereuse dans des conditions normales de fonctionnement. Les températures des composants internes doivent être contrôlées et les connexions doivent être réalisées dans un souci de prévention des étincelles.

Le concept est proche de la philosophie « Sécurité augmentée - Ex e » mais il ne s'applique qu'aux zones 2/division 2. Les équipements approuvés « anti-étincelle » ne sont pas conçus pour résister aux explosions et ils utilisent généralement une enveloppe métallique de construction légère avec un indice d'étanchéité élevé.

On identifie diverses sous-formes pour ce concept :

- Anti-étincelle - Ex nA : les composants ne génèrent aucun arc ni aucune étincelle.
- Dispositif scellé - Ex nC : les composants sont scellés dans une enveloppe pour empêcher tout gaz ou vapeurs de les atteindre.
- Respiration limitée - Ex nR : cette méthode s'appuie sur l'étanchéité et la présence de joints au niveau de l'enveloppe des équipements électriques : le mélange ne peut ainsi pas s'introduire dans l'enveloppe en quantité suffisante pour atteindre la limite d'explosivité inférieure (LIE) spécifique indiquée.

4.5. Encapsulage - « Ex m »

Il s'agit de l'encapsulage (ex. : sablage) des composants ou des équipements susceptibles de produire des arcs électriques ou des étincelles. La température de surface est en outre contrôlée en mode de fonctionnement normal et en cas de défaillances pour éviter tout risque d'inflammation. Les considérations en matière de conception sont exposées dans la norme CEI EN 60079-18.

4.6. Surpression interne - « Ex p »

Les équipements purgés ou en surpression interne, correspondant au type « p », s'appuient sur l'association d'une pression statique positive appliquée au sein de l'enveloppe et d'un flux continu d'air ou de gaz inerte pour expulser toute présence de mélange explosif. Le système utilise un calendrier de purges planifiées et des dispositifs de surveillance afin de garantir la fiabilité et l'efficacité de la protection dans son ensemble. La norme CEI EN 60079-2 détaille les exigences et les considérations en matière de conception.

4.7. Immersion dans l'huile - « Ex o »

Autorisée uniquement dans les zones 2/division 2 où la probabilité de présence d'une atmosphère explosible est faible. Ces équipements ou ces enveloppes appliquent le concept d'immersion dans l'huile des composants susceptibles de produire des étincelles. Un système de ventilation contrôlée est également utilisé.

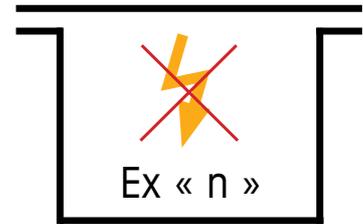


Figure 16 : Enveloppe anti-étincelle

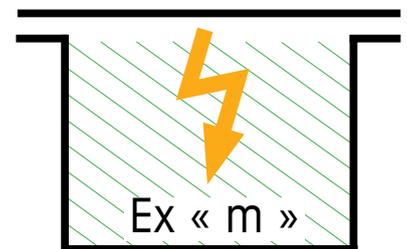


Figure 17 : Enveloppe d'encapsulage

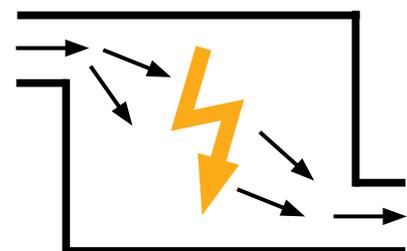


Figure 18 : Enveloppe avec surpression interne

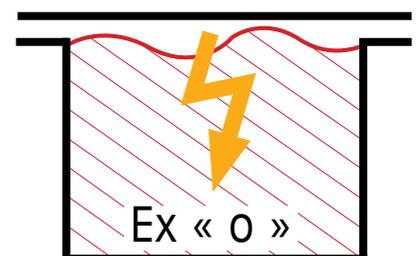


Figure 19 : Enveloppe d'immersion dans l'huile

5 Marquage des équipements électriques

5.1. Marquage CE ATEX

Le marquage CE est obligatoire et doit être apposé avant que l'équipement ne soit commercialisé ou mis en service. Il entend faciliter la libre circulation des équipements au sein de l'Union européenne en indiquant que les exigences essentielles en matière de santé et de sécurité ont été respectées. Il s'agit d'une déclaration qui établit que le produit a été produit en conformité avec toutes les dispositions et exigences applicables de la directive 94/9/CE, et qu'il a subi les procédures d'évaluation de la conformité adaptées.

La directive ATEX 94/9/CE indique les exigences minimales devant être observées en matière de marquage. Des informations et des exigences supplémentaires concernant le marquage des équipements pour une utilisation en zones dangereuses sont fournies dans les normes européennes. La norme CEI EN 60079-0 définit les exigences concernant les équipements électriques pour leur utilisation en atmosphères explosibles. La norme EN 61241-0 doit être appliquée dans le cas d'équipements conçus pour une utilisation dans des zones avec des poussières combustibles.

Type: ICS466x*~**	S/N:	Year:	Control Drawing : 22026630 T _{Amb} : - 10 °C + 40 °C
 II 2 G II 2 D BVS 13 ATEX E 042 X	Ex ib IIC T4 Gb Ex ib IIIC T60°C Db IECEx BVS 13.0050X	IP65  0344	IS Class I,II,III/DIV 1 Groups A,B,C,D,E,F,G/T4 AEx ib IIC T4

Figure 20 : Exemple de marquage pour un équipement électrique conçu pour une zone classée zone 1/division 1

Afin d'identifier l'appareil de façon claire, le type d'identification et le numéro de série doivent être indiqués, ainsi que le nom ou la marque du fabricant. Les équipements électriques doivent être testés et homologués par un organisme de certification approprié. Le nom de l'organisme notifié délivrant le certificat et le numéro de certification doivent être indiqués. Le domaine d'utilisation de l'appareil est indiqué grâce à un code spécial. L'exemple suivant concerne un équipement dont le marquage correspond à une utilisation dans des atmosphères gazeuses.

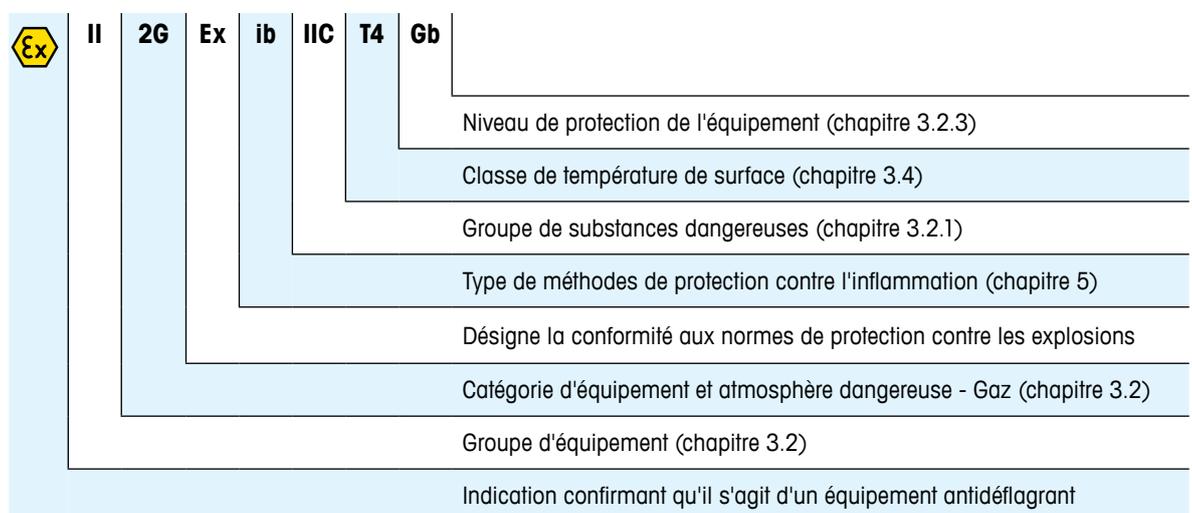


Figure 21 : Marquage type (pour les atmosphères gazeuses) d'équipement électrique conformément à la directive ATEX 94/9/CE

Pour les équipements certifiés pour une utilisation dans des zones dangereuses avec une atmosphère chargée en poussières, le marquage suivant est utilisé :

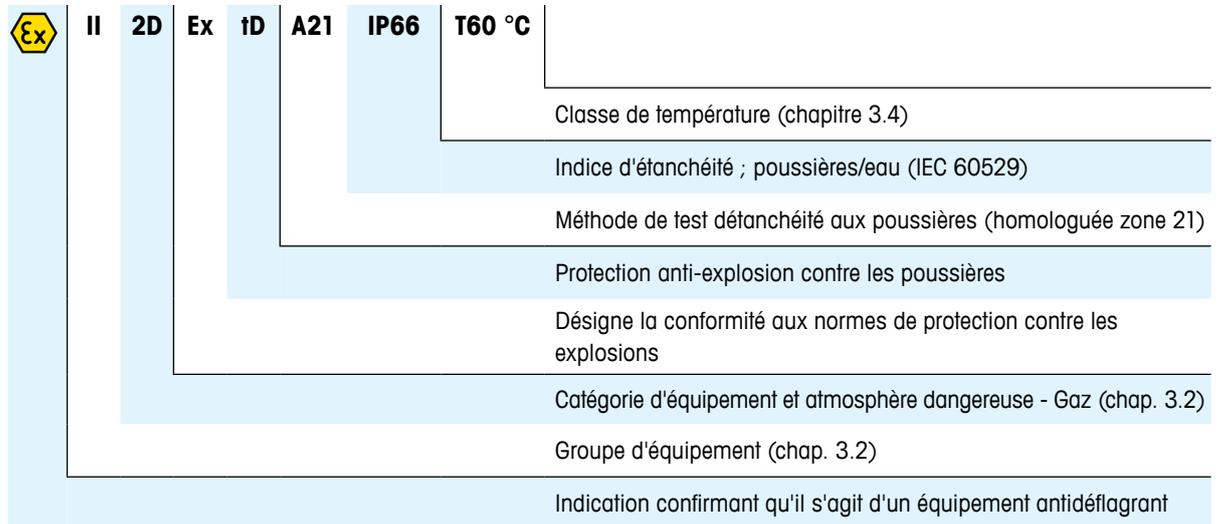


Figure 22 : Marquage type (pour les atmosphères poussiéreuses) d'équipement électrique conformément à la directive ATEX 34/9/CE

Par ailleurs, les marquages suivants peuvent parfois être visibles :

Marquage	Description
II (2)	Les parenthèses indiquent que le produit doit être installé en zone sûre, mais il peut être connecté à un équipement installé en zone dangereuse.
[Ex ib]	Les parenthèses indiquent que l'appareil doit être installé en zone sûre.
n/a	Équipement ne produisant pas d'étincelles en fonctionnement normal.
NL	Énergie limitée, à sécurité intrinsèque en fonctionnement normal (remarque : depuis l'entrée en vigueur de la directive EN 60079-15:2010, le marquage « nL » a été remplacé par le marquage « ic »).

Tableau 15 : Marquages supplémentaires pour les équipements électriques (ATEX 94/9/CE)

5.2. Marquage NEC

Pour l'essentiel, les marquages NEC contiennent le même ensemble d'informations que les marquages ATEX. Cependant, il est important de noter les différences et de s'assurer que les équipements utilisés dans tout environnement dangereux sont conformes aux normes de sécurité appropriées. Les équipements certifiés pour les zones de division sont marqués conformément aux zones pour lesquelles ils sont certifiés.

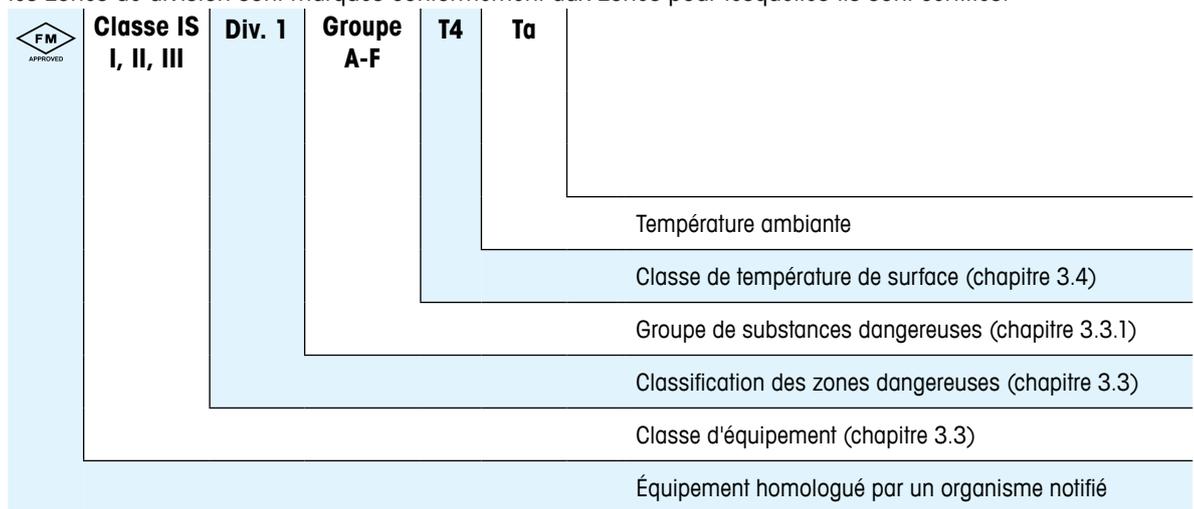


Figure 23 : Exemple de marquage d'équipement électrique conforme à l'article NEC 500

Un autre marquage est utilisé par classification des zones selon la méthodologie dite de « zoning ». Un exemple de marquage d'équipement conforme à l'article NEC 505 est illustré dans la figure 25. Un équipement homologué suivant la méthodologie de « zoning » dispose d'un marquage conforme au type de protection similaire à la méthodologie ATEX. La responsabilité incombe à l'utilisateur d'appliquer la méthode de protection adaptée dans chaque zone.

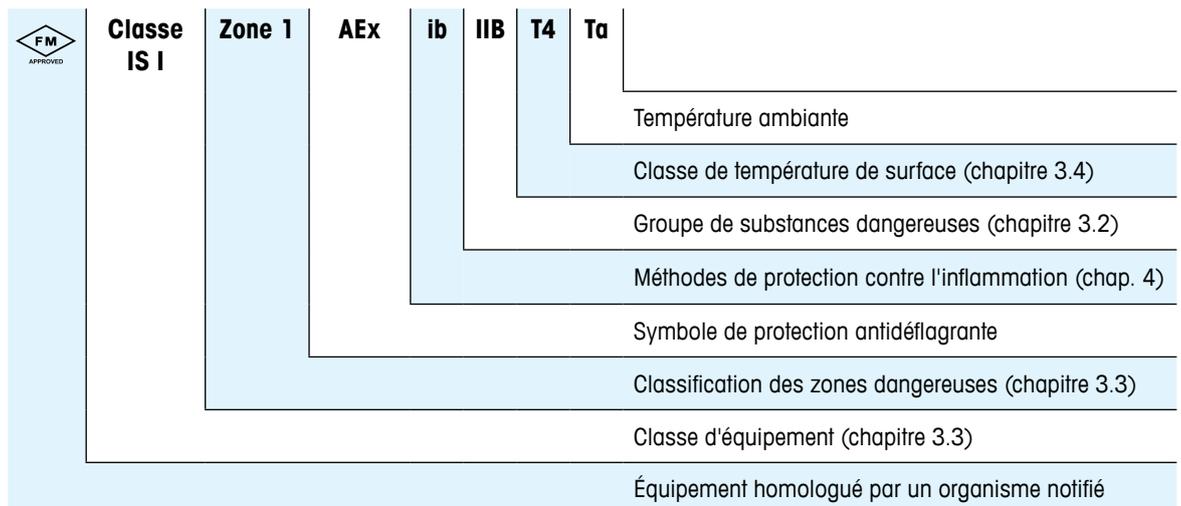


Figure 24 Exemple de marquage d'équipement électrique conforme à l'article NEC 505

6 Équipements électriques - Installation et maintenance

6.1. Inspection en zones dangereuses

Lorsqu'un équipement électrique est installé dans un environnement dangereux, différentes étapes d'inspection doivent être mises en œuvre pour s'assurer que l'équipement ne devienne pas une source d'inflammation dans le « Triangle de feu ». Le Triangle de feu fait référence aux trois éléments nécessaires pour qu'un feu se déclare : une substance inflammable, une source d'inflammation et un agent oxydant (chapitre 1).

La première étape de l'inspection a lieu avant la mise en service de l'équipement. Une inspection initiale confirme que l'équipement satisfait aux exigences pour une utilisation en zone dangereuse. Ces exigences sont établies par le client conformément aux spécifications définies par le fabricant de l'équipement.

Une fois que l'équipement conçu pour une utilisation en zone dangereuse est installé, un calendrier d'inspection périodique doit être défini pour s'assurer que l'équipement satisfait aux exigences de l'inspection initiale au fil du temps.

6.2. Types d'inspections

Conformément à la norme CEI 60079-17 [ed4.0], il existe cinq méthodes d'inspection différentes garantissant la fiabilité continue des équipements de production utilisés dans des zones dangereuses : inspection initiale, visuelle, minutieuse, détaillée et continue.

Inspection initiale

L'inspection initiale fournit une évaluation exhaustive indiquant si le type de protection choisi et son installation sont appropriés. Cette inspection est validée au moyen du schéma de commande issu par le fabricant de l'équipement. Cette validation doit être effectuée lors de l'installation, avant l'utilisation de l'équipement.

Inspection visuelle (périodique)

L'évaluation la moins invasive des équipements en zones dangereuses est l'inspection visuelle. Cette inspection est effectuée lorsque l'équipement est sous tension, qu'il ne doit pas être isolé et qu'aucun outil spécial n'est requis. Elle évalue les défauts potentiels qui sont clairement visibles.

Inspection minutieuse (périodique)

Se fondant sur l'inspection visuelle, l'inspection minutieuse s'effectue également lorsque l'équipement est sous tension. Cependant, l'inspection minutieuse révèle des défauts non visibles de prime abord. Cette inspection nécessite l'utilisation d'outils supplémentaires. Elle permet, par exemple, d'identifier des boulons desserrés. Il convient d'effectuer une inspection minutieuse lors de chaque opération de maintenance régulière.

Inspection détaillée (périodique)

L'inspection détaillée est l'inspection la plus complète. Reposant sur les inspections visuelle et minutieuse, elle fournit une évaluation exhaustive à l'intérieur et à l'extérieur de l'enveloppe de l'équipement. Elle nécessite que l'équipement soit isolé de la zone dangereuse et elle identifie les défauts tels que la dégradation des joints d'étanchéité et/ou les composés. Elle vérifie également que toutes les connexions électriques sont étanches et sécurisées. Il convient d'effectuer une inspection détaillée lorsqu'une réparation a été réalisée ou lorsqu'une inspection visuelle, minutieuse ou détaillée a identifié un problème potentiel.

Inspection continue

Basée sur les inspections visuelle ou minutieuse, cette inspection nécessite que le personnel familiarisé avec l'installation et l'environnement spécifiques inspecte et entretienne fréquemment l'installation électrique. L'utilisation de l'inspection continue ne signifie pas que les inspections initiale et périodique ne doivent pas être effectuées.

6.3. Facteurs permettant de définir les intervalles d'inspection périodique

Il n'est pas simple de déterminer précisément un intervalle d'inspection périodique approprié. Le type de mise en œuvre d'installation permet de déterminer l'intervalle d'inspection périodique, de pair avec les conseils du constructeur et les facteurs présentant un impact sur la détérioration des équipements. Les mises en œuvre d'installations en zones dangereuses sont de deux types : les installations fixes et les équipements mobiles (portatifs).

Installations fixes

Pour les équipements à sécurité intrinsèque installés à un endroit fixe, l'intervalle maximum entre les inspections périodiques ne doit pas dépasser trois ans sans l'avis d'un expert. Une fois qu'un intervalle est déterminé, des inspections périodiques supplémentaires doivent être effectuées pour accompagner ou modifier l'intervalle proposé.

Équipement mobile (portatif)

Un équipement mobile ou portatif à sécurité intrinsèque est plus susceptible de subir des dommages ou d'être utilisé de façon incorrecte que des installations fixes et par conséquent l'intervalle entre les inspections minutieuses périodiques doit être au maximum de 12 mois.

Les boîtiers fréquemment ouverts (tels que les boîtiers de batterie) doivent être inspectés de façon détaillée au moins tous les six mois. En outre, tous les équipements doivent être inspectés visuellement par un opérateur qualifié avant sa mise en service de façon à s'assurer qu'ils ne comportent pas de dommages apparents.

Détérioration des équipements

Lors de la détermination des intervalles d'inspection périodiques, une attention particulière doit être apportée à l'environnement dans lequel l'équipement est utilisé ainsi qu'à la détérioration et la dégradation potentielles de l'équipement au fil du temps. Principaux facteurs de dégradation des équipements :

- Possibilité de corrosion
- Exposition aux produits chimiques et aux solvants
- Probabilité d'accumulation de poussières ou de saletés
- Probabilité d'infiltration d'eau
- Exposition à des températures ambiantes excessives
- Risque de dommages mécaniques
- Exposition à des vibrations ou à des chocs excessifs

Conseils du fabricant

Les conseils du fabricant de l'équipement doivent également être pris en considération lors de la détermination des intervalles d'inspection périodique. Par le biais de tests rigoureux, le fabricant de l'équipement d'origine doit apporter la preuve que le produit est conforme aux exigences des organismes de réglementation spécifiés en fournissant des certificats de conformité, des schémas et d'autres pièces justificatives. Cela permet de fournir une compréhension unique et détaillée des capacités de l'équipement.

Comparaison des types d'inspections

Le tableau ci-dessous compare les trois types principaux d'inspections périodiques.

	Inspection externe	Inspection interne	Outils requis
Inspection visuelle	✓		
Inspection minutieuse	✓		✓
Inspection détaillée	✓	✓	✓

Tableau 16 : Types d'inspections périodiques

6.4. Calendrier d'inspection des équipements à sécurité intrinsèque

Conformément à la norme CEI 60079-17 [ed4.0], le tableau 17 montre le tableau des inspections pour les installations à sécurité intrinsèque sur la base des trois catégories suivantes : l'équipement, l'installation et l'environnement.

A	Équipement	Détaillée	Minutieuse	Visuelle
1	La documentation du circuit et/ou de l'équipement est conforme aux exigences en matière de niveau de protection de l'équipement/de zone de l'emplacement.	✓	✓	✓
2	L'équipement installé correspond à celui spécifié dans la documentation (équipement fixe uniquement).	✓	✓	
3	La catégorie et le groupe de circuit et/ou d'équipement sont corrects.	✓	✓	
4	La classe de température de l'équipement est correcte.	✓	✓	
5	L'installation présente une signalétique correcte.	✓	✓	
6	Le boîtier, les éléments en verre et les joints d'étanchéité entre verre et métal et/ou les composés sont satisfaisants.	✓	✓	
7	Il n'y a aucune modification non autorisée.	✓		
8	Aucune modification non autorisée n'est visible.		✓	✓
9	Les unités de barrière de sécurité, les relais et les autres dispositifs de réduction énergétique sont du type homologué. Ils ont été installés conformément aux exigences de certification et ont été correctement mis à la terre le cas échéant.	✓	✓	✓
10	Les connexions électriques sont étanches.	✓		
11	Les cartes à circuit imprimé sont propres et sans aucun dommages	✓		
B	Installation	Détaillée	Minutieuse	Visuelle
1	Les câbles ont été installés conformément à la documentation.	✓		
2	Les blindages des câbles doivent être mis à la terre conformément à la documentation.	✓		
3	Aucun dommage apparent au niveau des câbles.	✓	✓	✓
4	L'étanchéité des conduites, tuyaux et/ou gaines est satisfaisante.	✓	✓	✓
5	Les connexions point à point sont toutes correctes.	✓		
6	La continuité de la mise à la terre est satisfaisante (par exemple, les connexions sont étanches et les sections de conducteurs sont suffisantes) pour les circuits isolés de façon non galvanique.	✓		
7	Les connexions à la terre assurent l'intégrité du type de protection.	✓		
8	La mise à la terre des circuits à sécurité intrinsèque et la résistance d'isolement sont satisfaisantes.	✓		
9	Une séparation est prévue entre les circuits à sécurité intrinsèque et non intrinsèque dans les coffrets de distribution ou les panneaux de relais courants.	✓		
10	Le cas échéant, une protection contre les courts-circuits a été installée sur l'alimentation électrique en conformité avec la documentation.	✓		
11	Les conditions d'utilisation spécifiques (le cas échéant) sont remplies.	✓		
12	Les câbles non utilisés présentent une terminaison correcte.	✓		
C	Environnement	Détaillée	Minutieuse	Visuelle
1	L'équipement est protégé de façon adéquate contre la corrosion, les conditions climatiques, les vibrations et d'autres facteurs défavorables.	✓	✓	✓
2	Absence d'accumulation externe excessive de poussière et de saletés.	✓	✓	✓

Tableau 17 : Tableau des inspections pour les installations à sécurité intrinsèque

7 Pesage en zones dangereuses

Le pesage est une des mesures de base la plus importante dans la majorité des processus de fabrication. Cependant, il peut être l'un des paramètres les plus difficiles à contrôler.

Un remplissage, un dosage et une mise en lot précis et cohérents limitent la variabilité dans le produit final. Une qualité constante et des résultats reproductibles requièrent une collecte et une communication fiables des données de pesage, ce qui peut être difficile au vu des exigences des zones dangereuses.

Pour éviter l'inflammation et garantir un fonctionnement sécurisé des systèmes de pesage électriques dans les zones dangereuses, il est possible de limiter l'énergie à des niveaux sûrs. Pour cela, les principaux composants des systèmes de pesage (cellules de pesée, boîtes de jonction et terminaux de pesage) sont conçus avec une sécurité intrinsèque. Cette technologie prévient les explosions en veillant à ce que l'énergie présente dans ses circuits soit nettement inférieure à l'énergie nécessaire au déclenchement d'une explosion.

L'équipement et le câblage électrique à sécurité intrinsèque sont conçus et certifiés pour utilisation dans les zones 1/division 1 à condition qu'ils soient homologués pour le site. Les circuits à sécurité intrinsèque associent des éléments avec des niveaux de sécurité différents. Selon la fonctionnalité et la classification du niveau de sécurité, les éléments de circuit peuvent être utilisés dans les zones dangereuses et non dangereuses.

7.1. Système de base

Dans les zones de production dangereuses, de nombreux processus nécessitent des applications de pesage autonomes simples : remplissage de réservoirs, de fûts, de sacs, avec poudres ou liquides dangereux...

Un système de pesage simple se compose généralement d'une jauge de contrainte (analogique) ou de plates-formes et de cellules de pesage contrôlées et surveillées directement via un PC installé en zone sûre. Le signal de pesage est interprété par le terminal de zone dangereuse et transféré vers l'ordinateur ou l'imprimante de la zone sûre. Tous les composants du système de pesage étant intrinsèquement sûrs, le système de pesage est alimenté par une alimentation électrique à sécurité intrinsèque.

La transmission des signaux de pesage d'une zone 1/21 / division 1 vers la zone sûre nécessite des appareils de limitation d'énergie nommés barrières à sécurité intrinsèque. Ce sont des barrières installées dans la zone sûre qui assurent l'interface avec l'appareil de communication pour éviter qu'en cas de défaillance du côté de la zone sûre, l'énergie en excès atteigne la zone dangereuse.

Dans des conditions de fonctionnement normales, les barrières à sécurité intrinsèque ne sont pas équipées de contacts générant des étincelles ou de la chaleur, et, si elles portent les mentions spéciales, elles peuvent être installées dans une zone 2/22, division 2. En cas de défaillance, les barrières maintiennent la tension et le courant à des niveaux suffisamment bas pour ne pas enflammer les atmosphères dangereuses.

Les barrières comportent trois composants :

- La diode Zener, qui limite la tension à une valeur nommée tension en circuit ouvert (V_{oc}).
- Une résistance, qui limite le courant à une valeur connue sous le nom de courant de court-circuit (I_{sc}).
- Le fusible, qui limite le courant maximal susceptible de circuler entre les diodes. Si du courant circule dans la diode, le fusible saute. Cela a pour effet de couper le circuit et évite la défaillance de la diode. Ainsi, la tension en excès n'atteint pas la zone dangereuse.

La communication vers la zone sûre nécessite une analyse de sécurité basée sur la comparaison des paramètres d'entité de l'appareil à sécurité intrinsèque et de ceux de la barrière de sécurité homologuée pour zone dangereuse.

Terminal de pesage à sécurité intrinsèque (appareil à sécurité intrinsèque)		Barrière à sécurité intrinsèque ou module de communication (appareil associé)
Tension en circuit ouvert (V_{oc})	\leq	V_{max}
Courant de court-circuit (I_{sc})	\leq	I_{max}
Capacité autorisée (C_o)	\geq	C_i
Inductance autorisée	\geq	L_i

Tableau 18 : Paramètres d'entité des équipements à sécurité intrinsèque et des équipements associés

Les paramètres d'entité se trouvent en général sur le schéma de contrôle de l'appareil à sécurité intrinsèque fourni par le fabricant ou sur le certificat d'examen (voir le tableau 17). Il existe certaines différences entre les abréviations des systèmes américain et européen. Le système américain de classes/divisions utilise des abréviations de paramètres d'entité telles que V_{oc} , I_{sc} et C_A . En Europe, les paramètres de sécurité sont désignés par V_o , I_o , C_o ...

La figure 25 montre un exemple de système de base avec communication directe vers un PC en zone sûre. La ligne de communication RS232 à sécurité intrinsèque passe à travers la barrière à sécurité intrinsèque mise à la terre avant de se connecter au terminal de pesage à sécurité intrinsèque installé en zone 1/21, division 1.

Avantages :

- Application simple via une interface RS232x à sécurité intrinsèque
- Rentabilité
- Réponse de signal précise
- Faible encombrement de la barrière

Limites :

- Des distances de signaux courtes (15 à 20 m maximum)
- La barrière de sécurité nécessite la mise en place d'un système de mise à la terre sécurisé

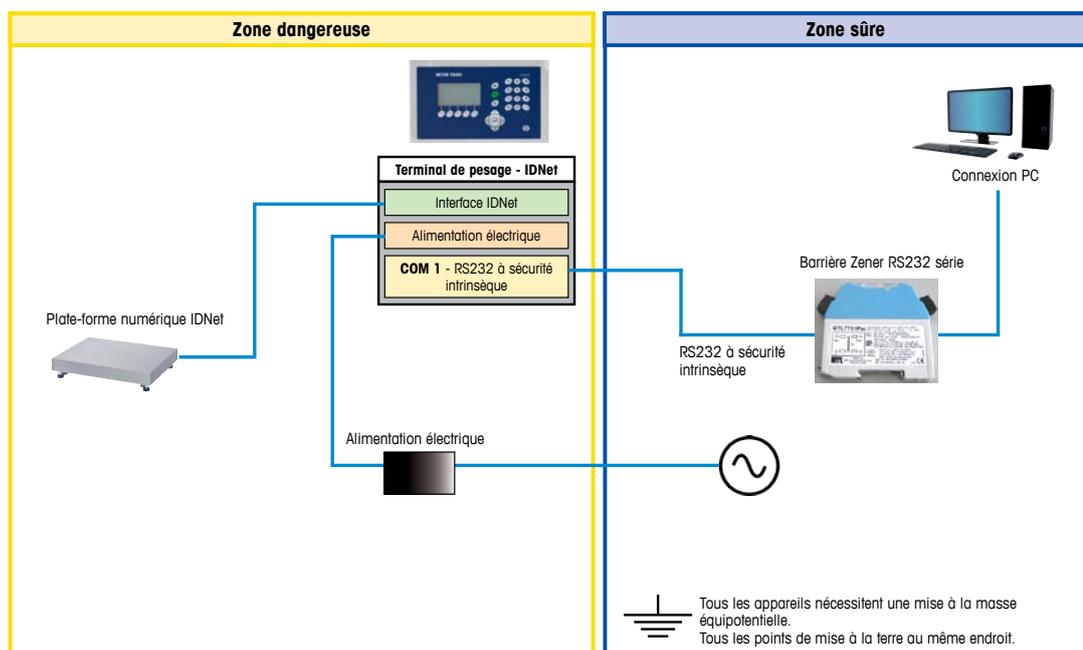


Figure 25 : Communication RS232 directe dans la zone sûre

Pour garantir une installation et un fonctionnement sécurisés du système, les paramètres d'entité de terminal et de barrière de sécurité doivent être comparés. Les tableaux 18 et 19 montrent cette comparaison et répertorient à la fois les signaux actifs et passifs.

Barrière Zener MTL7761Pac Actif		Terminal de pesage COM 1 RS232 Passif
$U_o = 9 \text{ V CC}$	\leq	$U_i = \pm 10 \text{ V CC}$
$I_o = 26 \text{ mA}$	\leq	$I_i/\text{mA} = \text{Pas de limite}$
$P_o = 58 \text{ mW}$	\leq	$P_i \text{ mW} = \text{Pas de limite}$
$C_o = 4,9 \text{ nF}$	\geq	C_i/nF (négligeable) + $C_{\text{câble}}/\text{nF}$
$L_o = 3,72 \text{ }\mu\text{H}$	\geq	$L_i/\mu\text{H}$ (négligeable) + $L_{\text{câble}}/\mu\text{H}$

Tableau 19 : Paramètres d'entité de la barrière Zener - Actif

Barrière Zener MTL7761Pac Passif		Terminal de pesage COM 1 RS232 Passif
$U_i = 9 \text{ V CC}$	\geq	$U_o = \pm 5,36 \text{ V CC}$
$I_i = 26 \text{ mA}$	\geq	$I_o = \pm 18,1 \text{ mA}$
$P_i = 58 \text{ mW}$	\geq	$P_o = 24,2 \text{ mW}$
C_i/nF (négligeable) + $C_{\text{câble}}/\text{nF}$	\leq	$C_o = 4,9 \text{ nF}$
$L_i/\mu\text{H}$ (négligeable) + $L_{\text{câble}}/\mu\text{H}$	\leq	$L_o = 3,72 \text{ }\mu\text{H}$

Tableau 20 : Paramètres d'entité de la barrière Zener - Passif

De nombreuses barrières de sécurité différentes sont disponibles. Prenez le temps de vous informer sur les détails techniques et les paramètres d'entité de la solution sélectionnée afin de garantir votre sécurité.

7.2 Système avancé

Dans le cas de fonctionnalités de communication de données avancées telles que la communication via Ethernet ou API (automate programmable industriel), il est possible d'accroître la quantité de données transférées. Cela exige une interface plus puissante et plus sophistiquée entre la zone dangereuse et la zone sûre, ainsi que des modules de communication eux-mêmes plus puissants et sophistiqués.

L'interface en boucle de courant à sécurité intrinsèque fonctionne mieux si un nombre important de données doit être transféré de la zone dangereuse vers la zone sûre. La figure 26 représente un exemple de configuration d'un système avancé. La communication en zone sûre est assurée par un module de communication à sécurité intrinsèque dont les fonctionnalités principales reposent sur une interface en boucle de courant.

L'interface en boucle de courant fournit un ou deux canaux complets de communication bidirectionnelle et elle est conçue pour utiliser un câble en cuivre. Les transmetteurs et les récepteurs à haute vitesse sont utilisés pour accroître le débit des données. Associés au module de communication et à ses options, ils permettent le fonctionnement à distance dans la zone sûre avec des interfaces Ethernet et API, à des distances allant jusqu'à 300 mètres (1 000 pieds) du terminal de pesage à sécurité intrinsèque.

Avantages :

- Des signaux à grande distance (300 m maximum)
- Une communication des données à une vitesse supérieure

Limites :

- Un encombrement plus important pour la barrière
- Un câblage supplémentaire

La configuration améliorée permet de rassembler efficacement de grandes quantités de données dans les zones dangereuses classées zone 1/21 et division 1 et de les intégrer à des interfaces API standards telles qu'EtherNet/IP, Profibus, DeviceNET et ModbusTCP. Pour assurer des communications sûres vers la zone dangereuse, des presse-étoupes homologués pour zones dangereuses doivent être utilisés pour toutes les connexions à sécurité intrinsèque. La communication standard API et Ethernet vers une zone sûre utilise en général le presse-étoupe standard installé en usine.

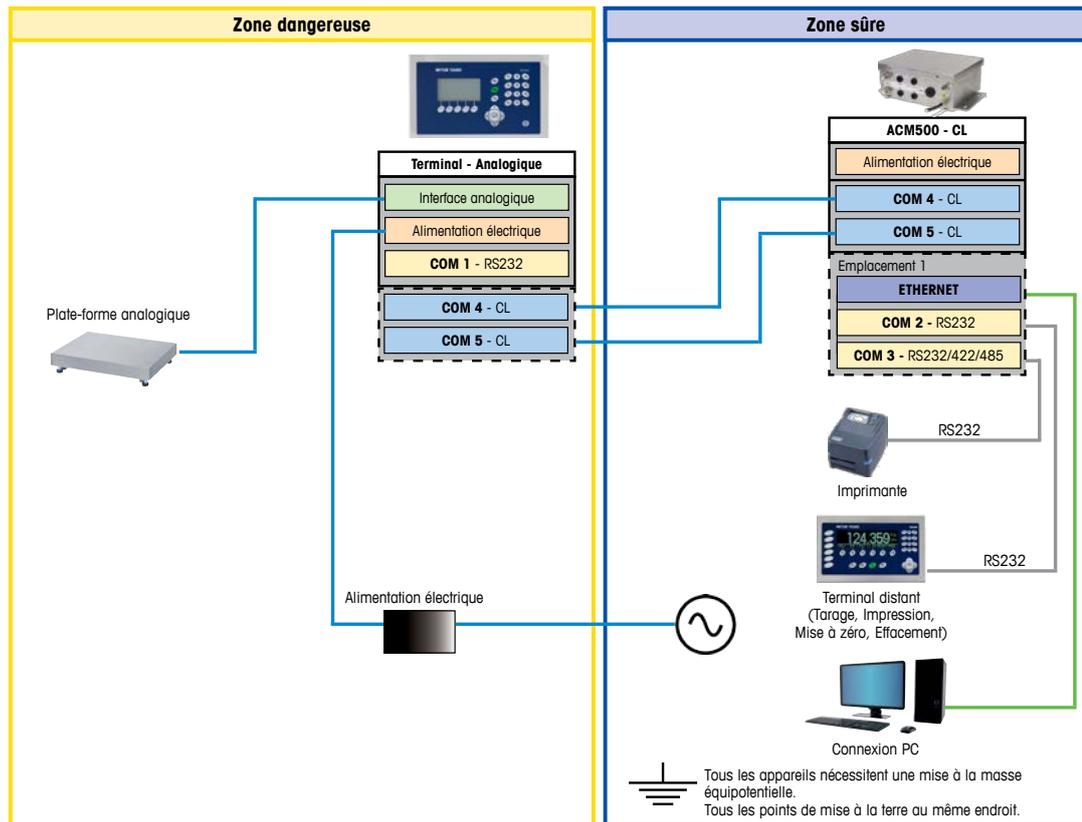


Figure 26 : Communication avec boucle de courant

7.3. Contrôle de processus

La manutention, le remplissage, le dosage, le mélange, la confection de lots impliquant des liquides ou des solides dangereux nécessitent un contrôle précis. De petits changements dans le processus peuvent avoir un impact important sur la qualité du produit final. Les variations de proportion, de vitesse, de débit, de turbulence et de nombreux autres facteurs doivent être contrôlés avec soin et régulièrement, pour fabriquer le produit final souhaité en utilisant un minimum d'énergie et de matières premières. Le contrôle de processus par entrées/sorties (E/S) discrètes internes permet de maintenir le processus de pesage dans les limites spécifiées et de définir des limites cibles plus précises, afin d'optimiser la rentabilité et de garantir la sécurité et la qualité.

La technologie d'E/S distante peut être une solution efficace et polyvalente pour le contrôle des données dans les usines de traitement. Cependant, une bonne gestion de ce type de système est particulièrement importante pour les zones dangereuses, où des mesures de protection contre les explosions doivent être prises pour tous les composants du système.

7.3.1 Contrôle actif/actif

Dans le cas d'un contrôle actif/actif (Figure 27), les entrées et les sorties actives sont installées dans la zone dangereuse. Les entrées de signaux sont alimentées en interne par le terminal de pesage et elles sont conçues pour être utilisées avec des commutateurs simples situés dans la zone dangereuse. Les sorties de signal sont elles aussi alimentées par le terminal de pesage et offrent une commutation 12 V à 50 mA au total. Ces sorties sont destinées à une utilisation avec des courants extrêmement faibles, des électrovannes à sécurité intrinsèque ou des vannes de régulation de fluide piézoélectriques.

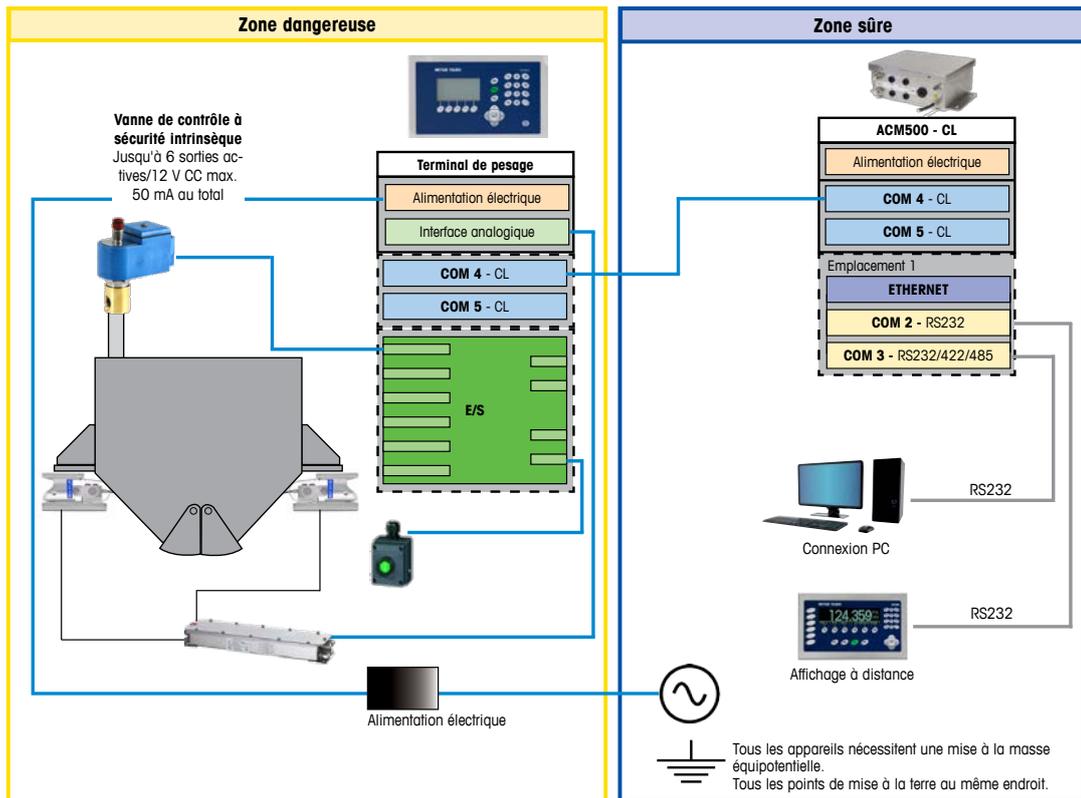


Figure 27 : Contrôle actif/actif avec module d'E/S discret interne

Les paramètres d'entité du module d'E/S doivent être comparés aux valeurs d'entité de sortie du terminal de pesage à sécurité intrinsèque (voir le tableau 21).

Module d'E/S actif		Connecté à l'appareil passif
$U_o = 5,88 \text{ V CC}$	\leq	U_i/V
$I_o = 2 \text{ mA}$	\leq	I_i/mA
$P_o = 2,94 \text{ mW}$	\leq	$P_i \text{ mW}$
$C_o = 100 \text{ nF}$	\geq	$C_i/nF + C_{\text{câble}}/nF$
$L_o = 100 \mu\text{H}$	\geq	$L_i/\mu\text{H} + L_{\text{câble}}/\mu\text{H}$

Tableau 21 : Paramètres d'entité du module d'E/S

Dans la zone sûre, la communication avec des appareils périphériques tels que les PC, le terminal distant ou l'imprimante est possible via le module à sécurité intrinsèque, avec une large gamme d'interfaces telles qu'Ethernet ou RS232/422/485.

7.3.2. Contrôle actif/passif

Dans la configuration entrée active/sortie active (figure 28), les commandes d'entrée actives sont installées dans la zone dangereuse. Les sorties passives sont en général des électrovannes à haute tension non homologuées pour une utilisation en zones dangereuses et doivent donc être envisagées dans une installation en zone sûre. Les entrées passives permettent le raccordement d'une alimentation électrique à sécurité intrinsèque externe à des interrupteurs d'alimentation ou à d'autres appareils simples pour déclencher l'entrée.

Les sorties actives et passives sont toutes deux alimentées par le terminal de pesage à sécurité intrinsèque, qui est installé dans la zone dangereuse. Le terminal est à son tour alimenté par un dispositif d'alimentation électrique à sécurité intrinsèque répondant aux exigences relatives aux zones dangereuses.

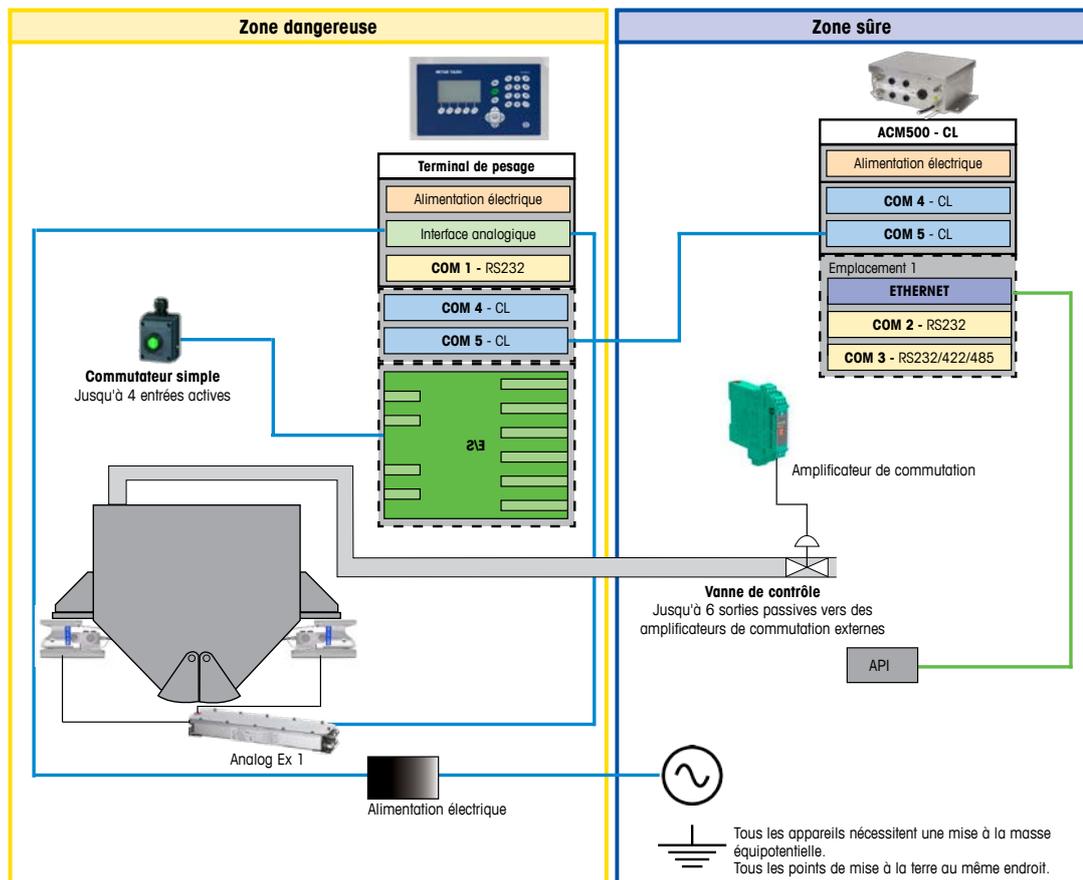


Figure 28 : Contrôle de vanne d'entrée active/de sortie passive

Module d'E/S - Sortie passive		Amplificateur de commutation
$U_i = 15 \text{ V}$	\leq	U_o/V
$I_i = 40 \text{ mA}$	\leq	I_o/mA
$P_i = 150 \text{ mW}$	\leq	$P_o \text{ mW}$
$C_i/\text{nF} + C_{\text{câble}} = 10 \text{ nF}$	\geq	C_o/nF
$L_i/\mu\text{H} + L_{\text{câble}} = 10 \mu\text{H}$	\geq	$L_o/\mu\text{H}$

Tableau 22 : Paramètres d'entité de la sortie du module d'E/S

Un amplificateur de commutation isolé associe une barrière de sécurité et un contrôle de tension plus élevée. Les paramètres d'entité de l'amplificateur de commutation doivent être comparés aux paramètres d'entité des terminaux de pesage à sécurité intrinsèque (voir le tableau 22).

7.3.3. Contrôle d'entrée passive/sortie passive

Les entrées passives peuvent être utilisées lorsque le signal d'entrée provient de la zone sûre ou d'un autre type d'appareil actif tel qu'un API. L'amplificateur de commutation de protection fournit des commandes pour les entrées passives et les électrovannes haute tension ou d'autres commandes dans la zone sûre. L'amplificateur de commutation externe reçoit de la haute tension et la convertit en tension à sécurité intrinsèque pour la transmettre au terminal de pesage situé dans la zone dangereuse. Les sorties passives restent isolées lorsqu'elles signalent la commutation d'une tension CA ou CC plus élevée dans l'amplificateur de commutation.

Le commutateur simple peut être protégé par la barrière isolée galvaniquement. La barrière offre une isolation complète et limite la haute tension en provenance du commutateur, la convertissant en tension à sécurité intrinsèque avant de la renvoyer au module d'E/S de la zone dangereuse (figure 29).

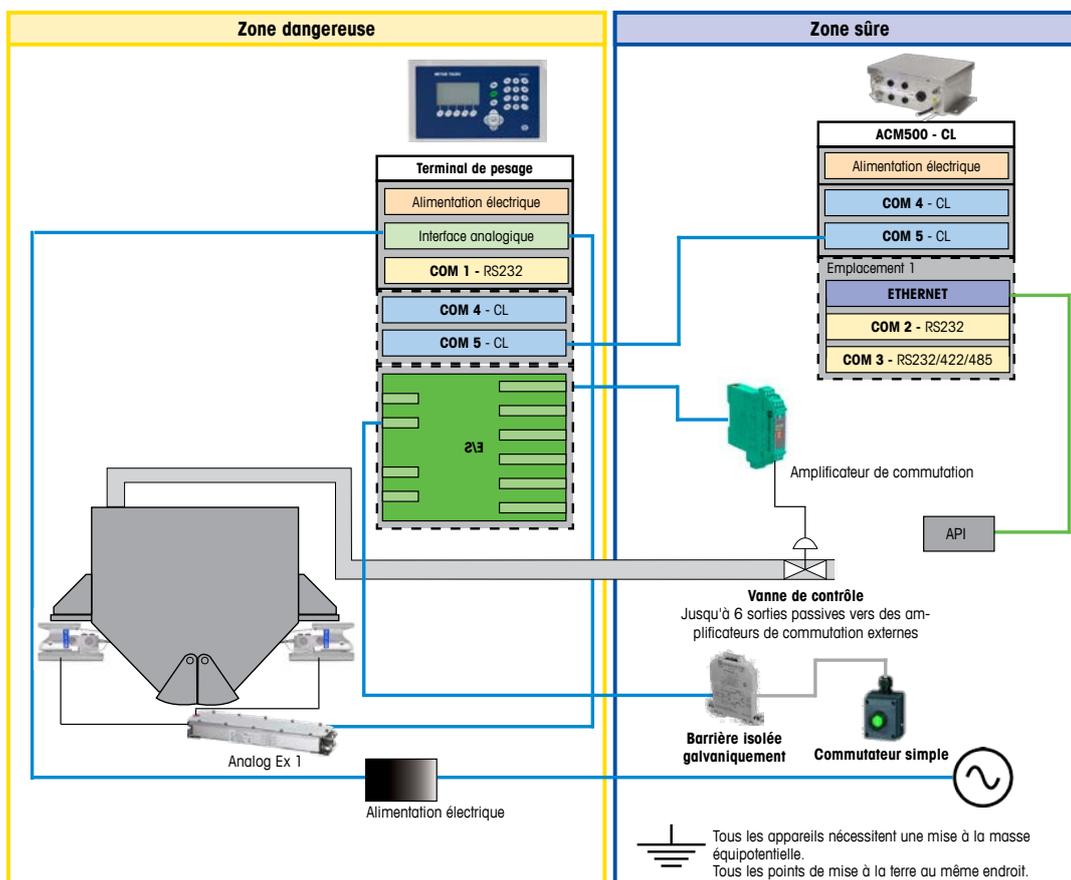


Figure 29 : Contrôle de vanne d'entrée passive/de sortie passive

Les valeurs d'entité de la barrière de sécurité ou l'alimentation électrique externe doivent être comparées aux paramètres d'entité des entrées passives de terminal de pesage à sécurité intrinsèque (voir le tableau 23).

Paramètres d'entrée passive du terminal à sécurité intrinsèque		Barrière isolée galvaniquement
$U_i = 30 \text{ V}$	\leq	U_o/V
$I_i = 50 \text{ mA}$	\leq	I_o/mA
$C/nF + C_{\text{câble}} = 10 \text{ nF}$	\leq	C_o/nF
$L/\mu H + L_{\text{câble}} = 10 \mu H$	\geq	$L_o/\mu H$

Tableau 23 : Paramètres d'entité de l'entrée passive

7.4. Contrôle de processus totalement intégré

Pour améliorer l'efficacité, réduire la variabilité et garantir une sécurité maximale, il faut privilégier la méthode de contrôle de processus totalement intégré. Par exemple, quand plusieurs composants sont remplis, ajoutés, mélangés et dosés simultanément, un système d'E/S comportant 12 entrées et 18 sorties est plus approprié. Pour obtenir le nombre maximum d'E/S, il est possible d'utiliser des modules distants actifs en zone sûre (non homologués).

Ils peuvent commuter la haute tension pour contrôler l'énergie en zone dangereuse. Ils nécessitent des modules de communication à sécurité intrinsèque avancés servant de barrière de sécurité, tout en fournissant des communications Ethernet améliorées. L'interface en boucle de courant fournit des communications bidirectionnelles en mode bicanal vers la zone dangereuse. Il est possible de stocker les données de pesage sur PC via la communication Ethernet ou de connecter le système à l'API via Profibus (fig. 30).

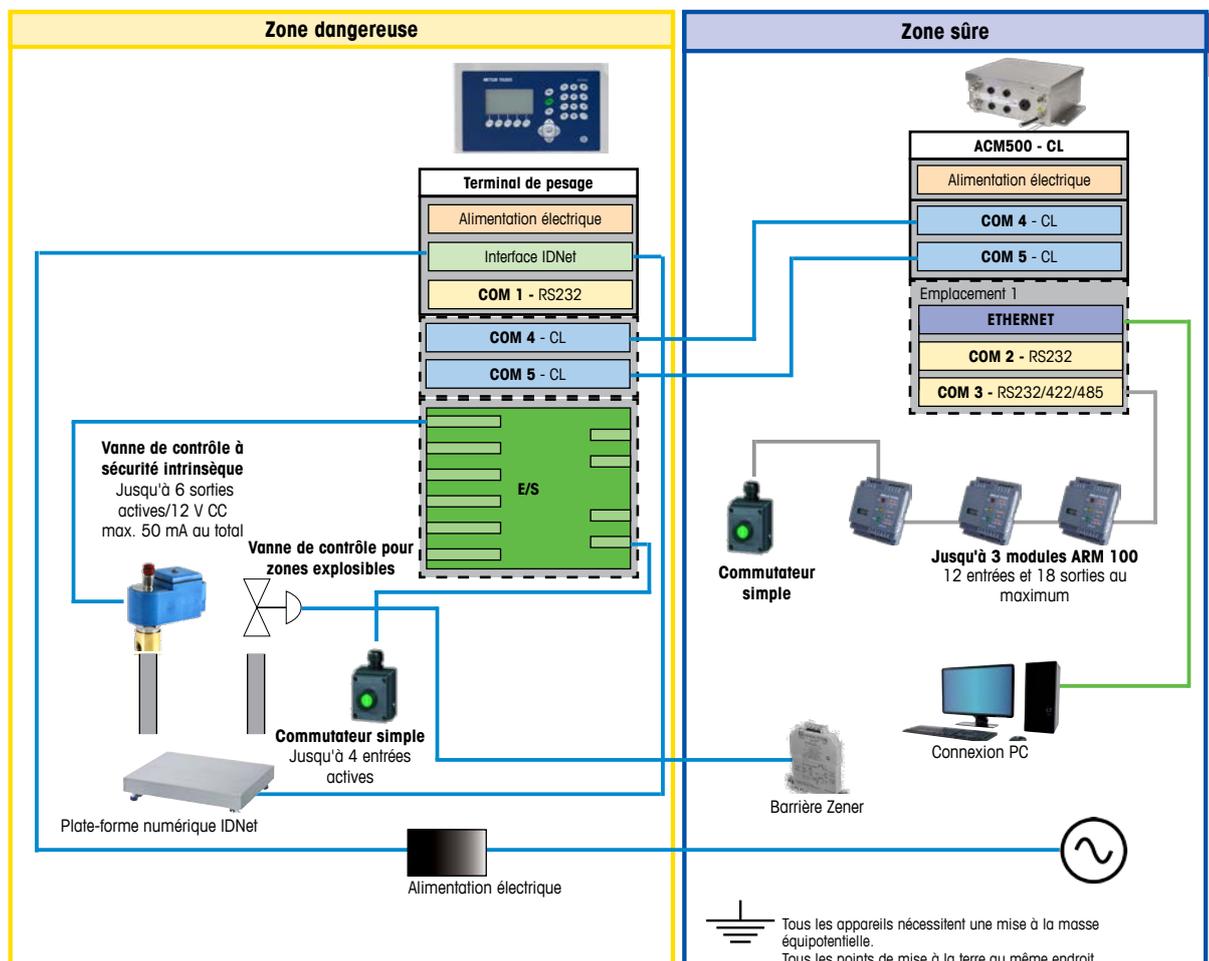


Figure 30 : Contrôle de processus totalement intégré

7.5 Communications périphériques en zone sûre (en option)

Selon les exigences du processus de pesage et le degré d'automatisation requis, différentes possibilités de communication peuvent être utilisées pour garantir des communications efficaces vers la zone sûre.

Lors de la définition des exigences en matière de transfert des données pour communiquer efficacement les résultats de pesage aux systèmes d'exécution de la production (MES) ou de planification des ressources d'entreprise (ERP) de plus haut niveau, plusieurs facteurs doivent être pris en compte :

- Quel type d'informations sera communiquée entre le terminal de pesage et le système d'automatisation ?
- Qu'est-ce qui déclenche le transfert de données et à quelle fréquence les communications seront-elles exécutées ?
- Quelles sont les exigences actuelles en ce qui concerne le format des données ? Ces exigences sont-elles flexibles ?
- Quel est le moyen de communication actuel ? Existe-t-il d'autres options viables ?
- Comment les impératifs concernant le format des données ou le moyen de communication pourraient-ils évoluer dans un avenir proche ?

L'intégration des données repose principalement sur une connexion adaptée à votre système de contrôle plus global. Les exigences de connexion pour le matériel et les logiciels diffèrent en fonction de la nature du système (API, MES ou ERP). Les options de connexion comprennent les interfaces de bus de terrain, telles que les sorties analogiques, Profibus, DeviceNet ou EthernetIP, ainsi que les interfaces de données telles que les interfaces de communication Ethernet TCP/IP ou série.

Au moment de l'achat d'un nouveau système de pesage, les fonctionnalités d'intégration des données doivent correspondre aux exigences du système de fabrication global en matière de traitement des données. En zone sûre, METTLER TOLEDO propose deux possibilités de communication différentes pouvant répondre à ces exigences.

Le module de communication ACM200 de base, homologué pour une installation en zone sûre, assure la connexion entre le système de pesage installé dans la zone dangereuse certifiée et l'ordinateur, l'imprimante ou le terminal de contrôle distant dans la zone sûre. Ce module offre le choix entre différentes interfaces de communication telles que RS232, RS422, RS485 et CL20mA.

Les applications de pesage avancées nécessitent un contrôle amélioré, ainsi qu'une meilleure communication en zone sûre. Le module de communication ACM500 joue un rôle important dans ces types d'application, car il offre un certain nombre d'interfaces en option, allant de l'interface RS232 à l'intégration de données d'API.

Si l'intégration de données API n'est pas requise, les options de communication de données série PC ou Ethernet TCP/IP deviennent viables.



Modules de communication : ACM200 (gauche) et ACM500 (droite)

8 Résumé

La sécurité est cruciale pour les secteurs d'activité qui opèrent dans des environnements explosibles. Normes et réglementations jouent un rôle important dans ces sites de fabrication dangereux en spécifiant le cadre des conditions qui guident à la fois les fabricants d'équipements et les opérateurs pour contribuer à garantir la sécurité dans le secteur manufacturier.

De nombreuses normes qui s'appliquent dans le monde entier reposent sur d'autres normes. Même si les normes sont semblables à travers le monde, il n'y a toujours pas de normes mondiales uniformes. En outre, les symboles figurant sur les étiquettes correspondantes diffèrent. Par conséquent, les produits vendus dans différents pays doivent avoir diverses certifications pour différents environnements à risque d'explosion.

De nombreux pays d'Asie du Sud-Est et d'Amérique latine ne disposent pas de normes locales propres et acceptent les homologations IECEx, ATEX et FM nationales et internationales. Cependant, des pays comme la Chine, la Corée et la Russie imposent des exigences de certification locales qui doivent être respectées, même si les principaux systèmes de certification peuvent être acceptés dans la plupart des cas, en fonction de l'État.

Le pesage est une composante importante de nombreux processus de fabrication et nécessite une attention spéciale lorsqu'il est exécuté dans des zones dangereuses. Que les composants du système de pesage soient à sécurité intrinsèque ou non, selon l'endroit ou la façon dont ils sont utilisés, il est indispensable de s'assurer qu'ils présentent le niveau de sécurité adéquat et offrent les possibilités de communication requises.

Plusieurs options s'offrent à vous en matière de protection contre l'inflammation dans les environnements dangereux. L'installation d'un équipement de pesage à sécurité intrinsèque est la méthode la plus sûre. Elle facilite, en toute sécurité, les activités effectuées dans des zones dangereuses et ne nécessite que peu de maintenance. En cas d'incendie ou d'explosion, les unités, qui éliminent la chaleur et les étincelles dans la zone de production, peuvent être entretenues sans interrompre la production.

METTLER TOLEDO consacre ses efforts à la conception de systèmes de pesage à sécurité intrinsèque. Les solutions de pesage à sécurité intrinsèque présentent l'avantage d'offrir une grande modularité pour un large éventail de plates-formes et de modules de pesage, ainsi que pour de nombreux terminaux de contrôle. Elles permettent également de bénéficier d'une flexibilité importante quant au choix des interfaces de communication, telles que des interfaces série et plusieurs types de bus de terrain.

Par ailleurs, les équipements de pesage sont conçus pour être utilisés dans les zones dangereuses et ils ont obtenu des homologations à l'échelle internationale (par exemple, IECEx, ATEX et FM), qui sont acceptées dans la plupart des pays.

9 Liste des figures et des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 01 : Caractéristiques des substances inflammables	07
Tableau 02 : Comparaison entre les réglementations ATEX, NEC/CCE et IECEx	16
Tableau 03 : Groupe d'équipement et classification par catégorie selon la directive ATEX 94/9/CE	19
Tableau 04 : Classification des groupes de substances ATEX	19
Tableau 05 : Classification des zones selon la directive ATEX 1999/92/CE	20
Tableau 06 : Définition des catégories d'équipement ATEX 94/9/CE et du niveau de protection de l'équipement IECEx	22
Tableau 07 : Comparaison des directives ATEX 94/9/CE et ATEX 1999/92/CE	22
Tableau 08 : Système de classification des zones dangereuses conforme aux articles NEC 500 à 505	23
Tableau 09 : Classification des groupes de substances conforme aux articles NEC 500 et NEC 505	24
Tableau 10 : Classes de températures d'inflammation	25
Tableau 11 : Classes de températures et système de groupes de substances	26
Tableau 12 : Méthodes de protection et normes associées	27
Tableau 13 : Niveaux de protection à sécurité intrinsèque	30
Tableau 14 : Termes et définitions pour les équipements à sécurité intrinsèque	30
Tableau 15 : Marquages supplémentaires pour les équipements électriques (ATEX 94/9/CE)	34
Tableau 16 : Types d'inspections périodiques	38
Tableau 17 : Tableau des inspections pour les installations à sécurité intrinsèque	39
Tableau 18 : Paramètres d'entité des équipements à sécurité intrinsèque et des équipements associés	41
Tableau 19 : Paramètres d'entité de la barrière Zener - Actif	42
Tableau 20 : Paramètres d'entité de la barrière Zener - Passif	42
Tableau 21 : Paramètres d'entité du module d'E/S	44
Tableau 22 : Paramètres d'entité de la sortie du module d'E/S	45
Tableau 23 : Paramètres d'entité de l'entrée passive	47

Liste des figures

Figure 01 : Triangle de feu	06
Figure 02 : Schéma des limites d'explosivité	08
Figure 03 : Concepts de la protection contre les explosions	10
Figure 04 : Carte internationale des directives et des normes	11
Figure 05 : Vue d'ensemble des normes et réglementations en zones dangereuses	12
Figure 06 : Normes et directives de la Communauté européenne	13
Figure 07 : Réglementations et normes aux États-Unis	14
Figure 08 : Définition des groupes et catégories d'équipement selon la directive ATEX 94/9/CE (NEC 500 respectivement)	18
Figure 09 : Classification des zones conformément aux normes EN 60079-10 et ATEX 1999/9/CE (NEC 500 respectivement)	20
Figure 10 : Durée et présence de dangers selon le risque (zone)	21
Figure 10.1 : Durée et présence de dangers selon le risque (division)	23
Figure 11 : Comparaison entre le système NEC et le système de classification des zones et des classes ATEX/IECEx	27
Figure 12 : Enveloppe à sécurité intrinsèque	29
Figure 13 : Circuit à sécurité intrinsèque	29
Figure 14 : Enveloppe antidéflagrante	31
Figure 15 : Enveloppe à sécurité augmentée	31
Figure 16 : Enveloppe anti-étincelle	32
Figure 17 : Enveloppe d'encapsulation	32
Figure 18 : Enveloppe avec surpression interne	32
Figure 19 : Enveloppe d'immersion dans l'huile	32
Figure 20 : Exemple de marquage pour un équipement électrique conçu pour une zone classée zone 1/division 1	33
Figure 21 : Marquage type (pour les atmosphères gazeuses) d'équipement électrique conformément à la directive ATEX 94/9/CE	33
Figure 22 : Marquage type (pour les atmosphères poussiéreuses) d'équipement électrique conformément à la directive ATEX 34/9/CE	34
Figure 23 : Exemple de marquage d'équipement électrique conforme à l'article NEC 500	35
Figure 24 : Exemple de marquage d'équipement électrique conforme à l'article NEC 505	35
Figure 25 : Communication RS232 directe dans la zone sûre	41
Figure 26 : Communication avec boucle de courant	43
Figure 27 : Contrôle actif/actif avec module d'E/S discret interne	44
Figure 28 : Contrôle de vanne d'entrée active/de sortie passive	45
Figure 29 : Contrôle de vanne d'entrée passive/de sortie passive	46
Figure 30 : Contrôle de processus totalement intégré	47
Figure 31 : Modules de communication : ACM200 (gauche) et ACM500 (droite)	48

10 Références

- C22.1-12 - Code canadien de l'électricité, partie I (22e édition) : Norme de sécurité relative aux installations électriques.
- DIN EN 50281-2-1 : Matériels électriques destinés à être utilisés en présence de poussières combustibles.
- Directive 94/9/CE concernant les équipements et systèmes de protection prévus pour une utilisation dans une atmosphère explosible (ATEX) du Parlement européen et du Conseil.
- Directive 1999/92/CE concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphère explosible (ATEX) du Parlement européen et du Conseil.
- CEI 60079-0 Éd. 6.0 b : 2011 ; Atmosphères explosibles - Partie 0 : Matériel - Exigences générales.
- CEI 60079-10-1 Éd. 1.0 b : 2008 ; Atmosphères explosibles - Partie 10-1 : Classement des emplacements - Atmosphères explosibles gazeuses.
- CEI 60079-10-2 Éd. 1.0 b : 2009 ; Atmosphères explosibles - Partie 10-2 : Classement des emplacements - Atmosphères explosibles poussiéreuses.
- CEI 60079-11 Éd. 6.0 b : 2011 ; Atmosphères explosibles - Partie 11 ; Protection du matériel par sécurité intrinsèque « i ».
- CEI 60079-17 Éd. 5.0 b : 2013 ; Atmosphères explosibles - Partie 17 : Inspection et entretien des installations électriques.
- CEI 60079-26 Éd. 2.0 b Cor.1 : 2009 ; Atmosphères explosibles - Partie 26 : Matériel d'un niveau de protection (EPL) Ga.
- National Electrical Code, Article 500, NFPA 70, 2011, Delmar : National Electric Code.
- National Electrical Code, Article 505, NFPA 70, 2011, Delmar : National Electric Code.

Ressources supplémentaires de METTLER TOLEDO

- Web-séminaire à la demande concernant les normes et réglementations relatives aux zones dangereuses :
www.mt.com/ind-hazweb-standards
- Web-séminaire à la demande concernant les normes et réglementations relatives aux zones dangereuses - Niveau avancé :
www.mt.com/ind-haz-advanced
- Catalogue Zones dangereuses :
www.mt.com/ind-hazcat
- Livres blancs
www.mt.com/whitepapers
 - Solutions à sécurité intrinsèque
 - Compétences en matière de sécurité - Normes et réglementations relatives aux zones dangereuses
 - Pesage en zones dangereuses - Sécurité, simplicité, flexibilité
 - Calendrier de maintenance approprié pour équipements à sécurité intrinsèque

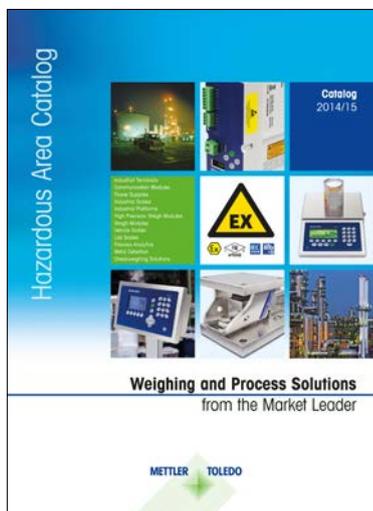
Téléchargez le catalogue gratuit

Solutions de pesage pour zones dangereuses

Dans les environnements difficiles et explosibles, il est essentiel de respecter les normes en matière de sécurité et de conformité. Choisissez simplement les équipements adaptés à vos applications en zones dangereuses grâce à notre nouveau catalogue.

Des équipements conçus pour offrir une sécurité et des performances optimales

Nous proposons la gamme la plus complète de produits antidéflagrants conçus pour offrir une conformité totale aux réglementations internationales et l'excellence en matière de précision de pesage que vous attendez de METTLER TOLEDO.



Découvrez nos solutions :

- Terminaux de pesage automatique et manuel
- Balances de haute précision
- Balances de table et au sol
- Modules de pesage et cellules de pesée
- Ponts-basculés
- Accessoires

Téléchargez dès maintenant notre catalogue gratuit :

► www.mt.com/ind-hazcat

www.mt.com/ind-hazcat

Pour plus d'informations

Mettler-Toledo AG

CH-8606 Greifensee,
Suisse
Tél. : +41 44 944 22 11
Fax : +41 44 944 30 60

Sous réserve de modifications techniques
© 04/2014 Mettler-Toledo AG
MarCom Industrial
MTSI 30133019