

# Protection contre les explosions

## Directives et principes généraux







# Introduction

Dans de nombreux secteurs industriels, les substances combustibles et les atmosphères explosibles, sous la forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, représentent une source de préoccupation majeure. Parmi les principaux secteurs concernés, on peut citer l'exploitation des mines de charbon, la chimie et la pétrochimie, mais aussi l'industrie alimentaire, les activités de transformation, les eaux usées et la production de biogaz. Ces substances combustibles, mélangées avec de l'oxygène, peuvent former une atmosphère explosible. Les explosions qui surviennent lorsque cette atmosphère est enflammée peuvent entraîner des dommages corporels et matériels graves. Pour éviter les risques d'explosion, la plupart des pays industrialisés ont élaboré des mesures de protection sous la forme de lois, de réglementations et de normes qui permettent d'atteindre un haut niveau de sécurité.

En fonction de la fréquence et de la durée d'apparition de l'atmosphère explosible, les secteurs, installations ou sections d'installations concernés sont répartis en zones correspondant à différents degrés d'exposition. Les opérateurs de ces installations sont tenus de prévenir les risques d'explosion au moyen de mesures de protection dans les atmosphères explosibles.

Pour qu'une explosion se produise, trois éléments sont requis : un gaz ou une poussière combustible, de l'oxygène et une source d'inflammation. Une protection primaire contre les explosions peut, par exemple, être obtenue par l'inertage de l'atmosphère gazeuse. En revanche, la protection secondaire contre les explosions a pour objectif d'éviter les sources d'inflammation. Par conséquent, les fabricants d'appareils et de systèmes de protection doivent développer et concevoir ces appareils et ces systèmes de manière à ce qu'ils n'engendrent aucune source d'inflammation, que ce soit dans le cadre d'un fonctionnement normal ou dans le cas de défauts prévisibles. La prévention des explosions basée sur la construction permet de limiter les effets d'une explosion à un niveau tolérable.

Cette brochure donne une introduction et un aperçu en matière de prévention des explosions et se concentre sur les exigences imposées aux appareils et aux systèmes de protection utilisés en atmosphère explosible. Il convient de noter que les réglementations légales et normatives sont soumises à des révisions et des adaptations permanentes, en fonction des nouvelles évolutions techniques. Par conséquent, les informations contenues dans cette brochure correspondent à la situation actuelle au moment de la création du présent document.

## Table des matières

1. Principes généraux et définitions .....	5
2. Directives de la Communauté européenne .....	10
3. Directives pour l'Amérique du Nord.....	24
4. Système IECEx .....	28
5. Glossaire.....	30



# 1. Principes généraux et définitions

**Explosion** Réaction chimique soudaine d'une substance combustible avec l'oxygène qui s'accompagne de la libération d'une grande quantité d'énergie conduisant à une explosion. Ces substances combustibles peuvent être des gaz, des brouillards, des vapeurs ou des poussières. Trois facteurs doivent être réunis simultanément pour qu'une explosion survienne :

- Une substance combustible (selon une répartition et une concentration correspondantes)
- De l'oxygène (dans l'air)
- Une source d'inflammation (par ex. étincelles électriques, surfaces chaudes)

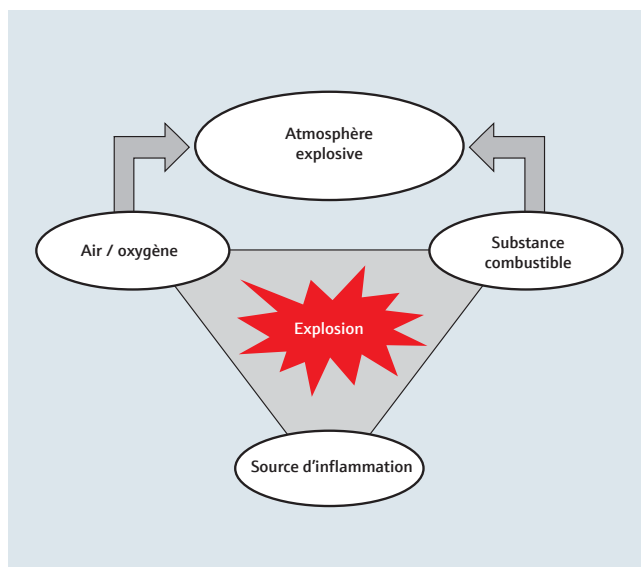
## Protection primaire et secondaire contre les explosions

Le principe de la prévention des explosions exige que toutes les mesures de protection contre les explosions soient prises dans un ordre précisément défini. Dans ce contexte, on distingue les mesures de protection primaire et les mesures de protection secondaire.

La protection secondaire contre les explosions est requise si le risque d'explosion ne peut pas être exclu, partiellement ou intégralement, au moyen de mesures de protection primaire contre les explosions.

Une atmosphère explosible est un mélange d'air et de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières combustibles dans des conditions atmosphériques, dans lequel le processus de combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé lorsque l'inflammation se produit.

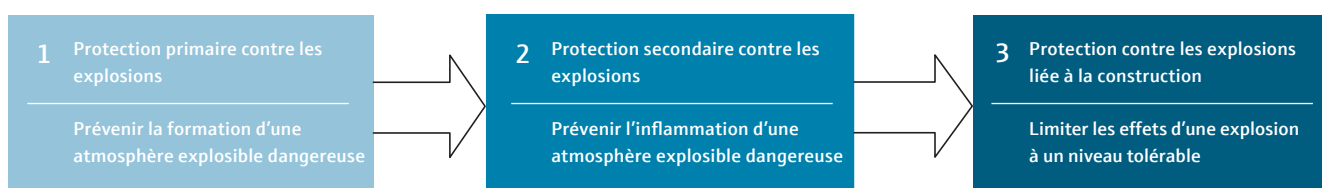
Par conditions atmosphériques, on entend une pression absolue de 0,8 bar à 1,1 bar et des températures de mélange de -20 °C à +60 °C.



Le triangle de l'explosion

Concernant la source d'inflammation, il existe une large variété de déclencheurs potentiels d'une explosion :

- Flammes nues
- Surfaces chaudes
- Étincelles et arcs électriques
- Décharges électriques
- Décharges atmosphériques
- Étincelles générées par frottement mécanique ou percussion
- Décharges électrostatiques
- Ultrasons
- Rayonnements optiques
- Réaction chimique

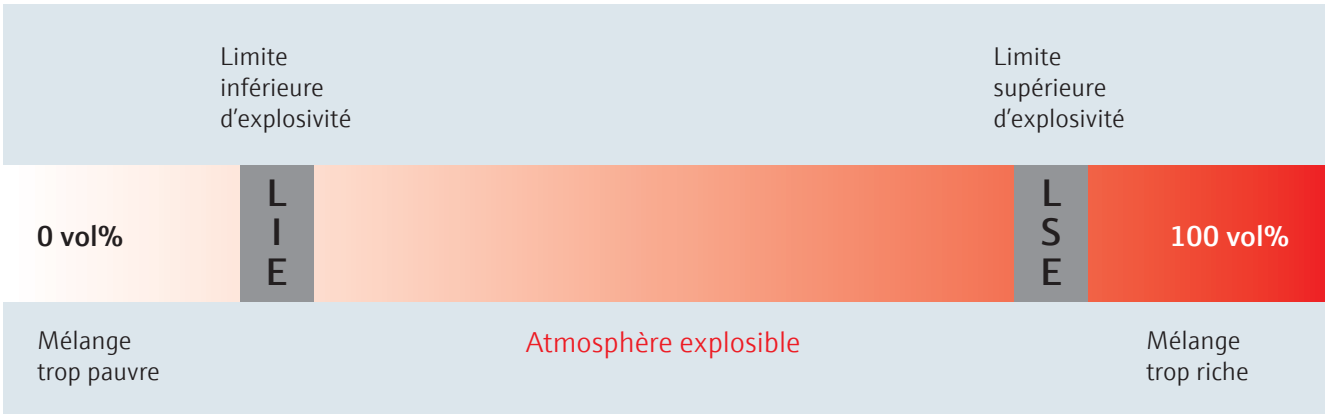


## Classification des gaz inflammables

Pour évaluer la sécurité technique, des quantités caractéristiques définies de substances combustibles sont nécessaires.

**Limites d’explosivité** Une atmosphère explosible se forme à partir de substances combustibles si elles sont présentes dans des limites de concentration définies (voir image). Si les concentrations sont trop faibles (mélange trop pauvre) ou trop élevées (mélange trop riche), aucune explosion ne se produit ; on peut observer à la place un lent processus de combustion. Le mélange ne réagit de manière explosive que s’il est enflammé entre la limite inférieure d’explosivité et la limite supérieure d’explosivité. Les limites d’explosivité dépendent de la pression atmosphérique et de la teneur en oxygène de l’air. En fonction de la vitesse du processus de combustion, on parle de déflagration, d’explosion ou de détonation. Si l’inflammation représente un danger pour les personnes ou les biens, on est en présence d’une atmosphère explosible. Dans un endroit clos, une atmosphère explosible, même de faible volume, peut entraîner des explosions dangereuses.

Nom de la substance	Limite inférieure d’explosivité [vol. %]	Limite supérieure d’explosivité [vol. %]
Acétylène	2.3	78.0
Ethylène	2.3	32.4
Essence	0.6	8.0
Benzène	1.2	8.0
Gaz naturel	4.0	13.0
Mazout / Gazole	0.6	6.5
Méthane	4.4	16.5
Propane	1.7	10.9
Sulfure de carbone	0.6	60.0
Gaz de houille	4.0	30.0
Hydrogène	4.0	77.0



Limite d’explosivité des substances combustibles

Les limites d’explosivité varient, entre autres, selon les conditions atmosphériques (températures comprises entre -20 °C et +60 °C, pressions comprises entre 0,8 et 1,1 bar). La plage de concentration entre les limites d’explosivité s’étend généralement avec l’augmentation de la pression et de la température.

La limite supérieure d’explosivité est nettement plus élevée pour les mélanges avec de l’oxygène que pour les mélanges avec de l’air. Une atmosphère explosible ne peut se constituer au-dessus d’un liquide inflammable que si la température de la surface du liquide dépasse une valeur minimale. Certaines substances chimiquement instables, dans des conditions données, n’ont pas de limite supérieure d’explosivité. De telles substances peuvent provoquer des réactions exothermiques même en l’absence d’air ou d’oxygène.

**Classes de température** La température d’inflammation d’un gaz ou d’un liquide combustible est la température la plus basse d’une surface échauffée à laquelle le mélange gaz/air ou vapeur/air s’enflamme. Par conséquent, la température maximale de la surface d’un appareil doit toujours être inférieure à la température d’inflammation de l’atmosphère ambiante.

Les classes de température T1 à T6 ont été mises en place pour les matériels électriques. Un matériel est affecté à une classe de température d’après sa température maximale de surface. Un matériel d’une classe de température supérieure peut aussi être utilisé pour des applications d’une classe de température inférieure. Les gaz et les vapeurs combustibles sont affectés à la classe de température correspondante en fonction de leur température d’inflammation.

Classe de température	Température de surface admissible pour le matériel électrique [°C]	Gamme de température d’inflammation pour des substances combustibles [°C]
T1	450	>450
T2	300	>300 à ≤450
T3	200	>200 à ≤300
T4	135	>135 à ≤200
T5	100	>100 à ≤135
T6	85	>85 à ≤100

**Classification des groupes d’explosion** Pour certaines mesures de protection contre les explosions, en particulier la sécurité intrinsèque et les enveloppes antidéflagrantes, le groupe d’explosion auquel le matériel appartient doit être indiqué dessus. Les critères de classification sont l’interstice maximal de sécurité et le courant minimal d’inflammation. L’interstice maximal de sécurité et le courant minimal d’inflammation sont déterminés pour différents gaz et vapeurs dans des conditions parfaitement définies.

L’inflammabilité des gaz augmente du groupe d’explosion IIA au groupe IIC. Les exigences imposées aux matériels électriques augmentent en conséquence pour ces groupes d’explosion. Les matériels électriques autorisés pour le groupe d’explosion de gaz IIC peuvent également être utilisés pour tous les autres groupes d’explosion.

Groupes d’explosion			
Groupe d’explosion	Interstice maximal de sécurité [mm]	Rapport du courant minimal d’inflammation	
IIA	>0,9	>0,8	
IIB	0,5 à 0,9	0,45 à 0,8	
IIC	<0,5	<0,45	

Groupe	IIA	IIB	IIC
Energie maximale d’inflammation admissible	160 µJ	80 µJ	20 µJ
	(propane)	(éthylène)	(hydrogène)

Les substances solides broyées, par exemple sous forme de poussières ou de fibres, sont souvent présentes dans le secteur industriel, notamment dans les usines chimiques, dans l'industrie alimentaire ou dans les minoteries.

La poussière est définie comme une matière solide finement dispersée dont les particules ont une taille d'environ 500  $\mu\text{m}$ . En cas de dispersion de couches de poussière avec une faible taille de particules, il existe un risque d'explosion. Le risque d'explosion augmente à mesure que la taille de particule diminue. Il arrive fréquemment que les explosions soient provoquées par des couches de poussière dispersées qui contiennent leur propre source d'inflammation. Une couche de poussière de moins de 1 mm répartie uniformément sur le sol est suffisante pour remplir une pièce d'une hauteur sous plafond normale, avec un mélange poussière/air potentiellement explosif si la poussière est dispersée de façon uniforme.

Les données pertinentes pour la sécurité incluent des paramètres pour les poussières dispersées, par exemple l'énergie minimale d'inflammation et la température d'inflammation, tandis que la température d'incandescence est une propriété caractéristique pour les couches de poussière.

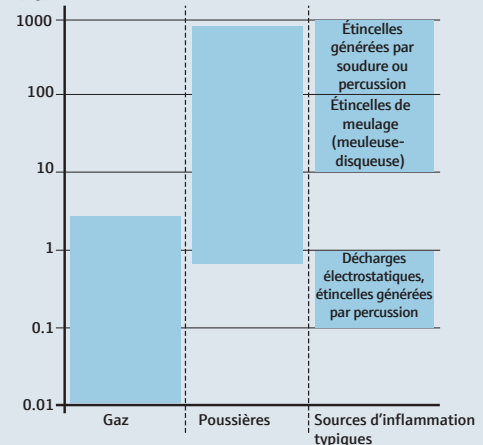
**Énergie minimale d'inflammation** Pour enflammer une atmosphère explosible, il faut appliquer une quantité spécifique d'énergie. L'énergie minimale d'inflammation est la plus petite quantité d'énergie convertie possible (par exemple décharge d'un condensateur) nécessaire pour enflammer le mélange combustible correspondant. L'énergie minimale d'inflammation se situe entre 20  $\mu\text{J}$  environ pour l'hydrogène et quelques joules pour certaines poussières.

#### Gaz, vapeurs et poussières

#### Énergie minimale d'inflammation en mJ (millijoules)

Sulfure de carbone	0.009
Hydrogène	0.017
Acétylène	0.019
Benzène	0.20
Ethanol	0.28
Méthane	0.29
Farine de bois	20 – 60
Sucre	40
Lignite	80
Ammoniaque	680

#### Énergie minimale d'inflammation (mJ)



Énergie minimale d'inflammation pour différentes matières

## Classification des poussières inflammables

**Température d'inflammation [ $T_{\text{inflammation}}$ ]** Température la plus basse déterminée sur une surface chaude [ $T_{\text{max}(1)}$ ], dans les conditions d'essai prescrites, à laquelle survient l'inflammation du mélange poussière/air le plus inflammable (nuage de poussière).

**Température d'auto-inflammation [ $T_{\text{auto-inflammation}}$ ]** Température la plus basse déterminée sur une surface chaude, dans les conditions d'essai prescrites, à laquelle une couche de poussière de 5 mm d'épaisseur peut s'enflammer.

Si des couches de poussière supérieures à 5 mm peuvent se former sur la surface d'un matériel, la température maximale admissible de la surface [ $T_{\text{Max}(2)}$ ] doit être réduite en conséquence. La température maximale admissible de la surface peut être diminuée conformément au graphique de la norme EN 60079-0.



### Température maximale admissible de la surface (1) :

$$T_{\text{max}(1)} = 2/3 T_{\text{inflammation}}$$



### Température maximale admissible de la surface (2) :

$$T_{\text{max}(2)} = T_{\text{auto-inflammation}} - 75 \text{ K}$$



### Exemple :

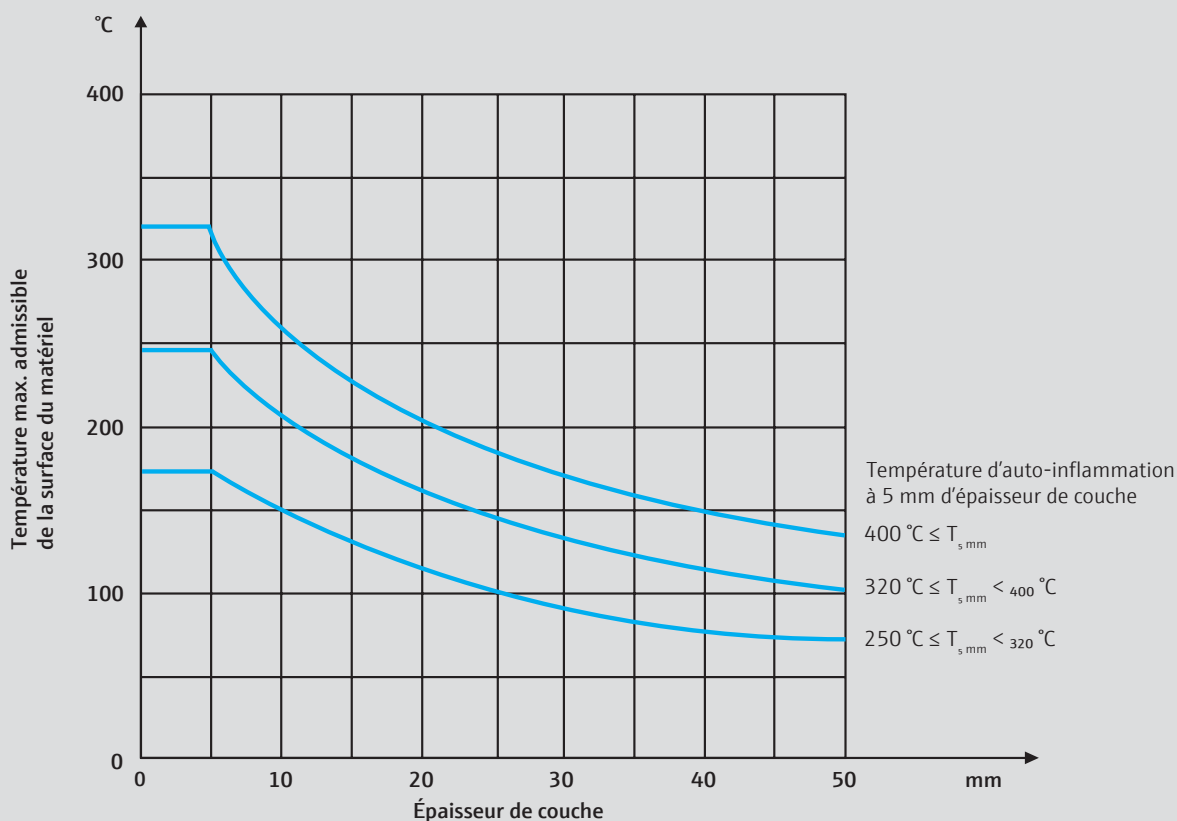
- Température minimale d'inflammation : 330 °C
- Température minimale d'auto-inflammation : 300 °C
- Température maximale admissible de la surface pour les nuages de poussière  
 $T_{\text{max}(1)} = 2/3 \times 330 \text{ °C} = 220 \text{ °C}$
- Température maximale admissible de la surface pour les couches de poussière (5 mm d'épaisseur)  
 $T_{\text{max}(2)} = 300 \text{ °C} - 75 \text{ K} = 225 \text{ °C}$
- Température admissible de la surface = 220 °C

Dans cet exemple, la surface du matériel utilisé doit avoir une température maximale inférieure à 220 °C en cas de défaut.





**Diminution de la température maximale admissible de la surface en fonction de l'augmentation de l'épaisseur de la couche de poussière (graphique selon la norme CEI/EN 60079-14)**



Plus la couche de poussière est épaisse, plus l'isolation thermique augmente, avec pour effet que la couche de poussière peut s'enflammer même lorsque la température de la surface du matériel est faible. Par conséquent, il convient de veiller à ce que la température soit réduite à la surface du matériel. La température de la surface doit être déterminée conformément au graphique ci-dessus pour les couches de poussière entre 5 mm et 50 mm. Ces courbes tiennent compte d'une réduction typique de la température de 75 K.

Lorsque l'épaisseur de la couche est supérieure à 50 mm, ou si le matériel est entièrement recouvert de poussière, la température d'auto-inflammation doit être mesurée par des essais en laboratoire. Ceci vaut également pour les épaisseurs de couche supérieures à 5 mm, lorsque la température d'auto-inflammation est inférieure à 250 °C avec une épaisseur de couche de 5 mm. Les essais de laboratoire sont également nécessaires en cas d'enfouissement complet des matériels sous de la poussière combustible.

## 2. Communauté européenne



**La protection contre les explosions en Europe** Au sein de l'Union européenne, tous les aspects de la protection contre les explosions sont réglementés par les directives ATEX 94/9/CE et 1999/92/CE. La conformité aux exigences essentielles en matière de santé et de sécurité de la directive ATEX 94/9/CE concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles doit être documentée dans la déclaration de conformité CE du fabricant de l'équipement en question. On part du principe que les exigences essentielles en matière de sécurité sont respectées lorsque les normes européennes harmonisées correspondantes sont appliquées (principe de présomption). Le domaine de validité de cette directive s'étend aux zones à atmosphères explosibles dues à la présence de gaz et de poussières dans l'exploitation des mines (installation souterraine et en surface). La protection contre les explosions pour les matériels non-électriques est ici traitée pour la première fois. Les prescriptions minimales en matière de protection du travail en atmosphères explosibles sont définies dans la deuxième directive ATEX 1999/92/CE.

Cette directive contient uniquement les exigences minimales. Dans le cadre de sa transposition dans le droit national, les différents États peuvent la compléter par des réglementations plus strictes. En vertu de la directive 1999/92/CE, l'exploitant doit évaluer les risques d'explosion d'un site, classer les emplacements dangereux en zones et documenter toutes les mesures prises afin d'assurer la sécurité des employés dans le document relatif à la protection contre les explosions.

### **Document relatif à la protection contre les explosions conformément à l'Ordonnance allemande sur la sécurité du travail dans l'entreprise (BetrSichV) et à la directive ATEX 1999/92/CE**

Un document relatif à la protection contre les explosions doit être créé, avec au minimum les informations concernant :

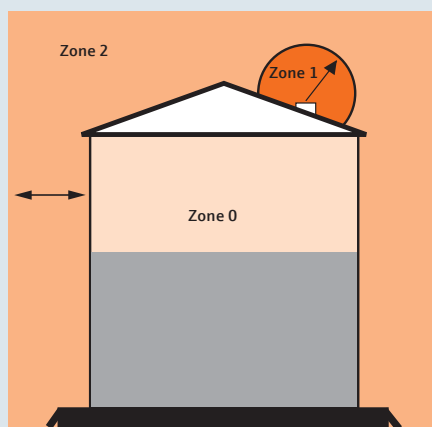
- l'évaluation des risques
  - les mesures de protection prises
  - la répartition des zones
  - la conformité aux exigences minimales selon l'annexe 4.
- Distinction est faite entre les mesures relatives à l'organisation (formation des employés, etc.) et les mesures techniques (mesures de protection contre les explosions).

## Répartition en zones explosives

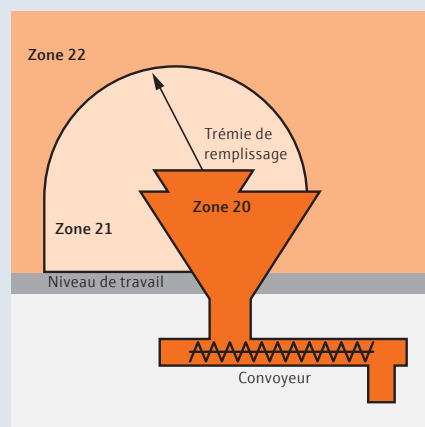
Les atmosphères explosibles sont réparties en zones afin de faciliter la sélection de matériels appropriés et de concevoir des installations électriques adéquates. La répartition en zones reflète la probabilité d'apparition d'une atmosphère explosible.

La norme CEI EN 60079-10 contient des spécifications pour la répartition des zones où il existe des gaz potentiellement explosifs et la norme CEI EN 61241-10 contient des spécifications pour la répartition des zones où il existe des poussières combustibles.

<b>Gaz, vapeurs</b>	<b>Zone 0</b>	Zone au sein de laquelle existe une atmosphère explosible due à la présence permanente, pendant de longues durées ou fréquente d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.
	<b>Zone 1</b>	Zone au sein de laquelle il peut se former, occasionnellement en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosible due à la présence d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.
	<b>Zone 2</b>	Zone au sein de laquelle, en cas de fonctionnement normal, il n'apparaît normalement pas ou seulement pendant de courtes durées, une atmosphère explosible due à la présence d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.
<b>Poussières</b>	<b>Zone 20</b>	Zone au sein de laquelle existe une atmosphère explosible permanente, pendant de longues durées ou fréquente, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.
	<b>Zone 21</b>	Zone au sein de laquelle il peut se former, occasionnellement en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosible sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.
	<b>Zone 22</b>	Zone au sein de laquelle, en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosible n'apparaît normalement pas ou seulement pendant de courtes durées, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.



- Zone 0** Zone avec présence de gaz au-dessus de la surface du liquide
- Zone 1** Périmètre immédiat autour de l'orifice de purge (3 m)
- Zone 2** Zone à l'extérieur de la zone 1 (3 m)



- Zone 20** Trémie de remplissage d'un poste de vidage de sac
- Zone 21** Périmètre immédiat (rayon de 1 m) autour de l'ouverture d'alimentation
- Zone 22** Zone à l'extérieur de la zone 21 due au tassement de la poussière



## Modes de protection

Les modes de protection contre les explosions définissent des mesures de construction et de technologie de circuit électrique pour les matériels destinés à être utilisés dans les atmosphères explosibles. Ces mesures permettent d’éviter la formation d’étincelles et empêchent les surfaces chaudes d’enflammer une atmosphère explosible ambiante.

Les principes de protection correspondants ont été définis dans la série de normes CEI 60079 pour les matériels électriques dans les zones explosibles dues à la présence de gaz.

Matériels électriques au sein d’atmosphères explosives gazeuses		
	Abréviations	CEI EN DIN
Exigences générales		60079-0
Enveloppe antidéflagrante	d	60079-1
Enveloppe à surpression	p	60079-2
Remplissage pulvérulent	q	60079-5
Immersion dans l’huile	o	60079-6
Sécurité augmentée	e	60079-7
Sécurité intrinsèque	i	60079-11
Mesures de protection contre les explosions	n	60079-15
Encapsulage	m	60079-18
Systèmes de sécurité intrinsèque		60079-25
Matériels électriques catégorie 1G		60079-26
Systèmes de bus de terrain à sécurité intrinsèque		60079-28

Les mesures selon les normes CEI ou EN s’appliquent à la protection contre les explosions dues à la présence de poussières.

Matériels électriques au sein de zones contenant des poussières combustibles		
	Abréviations	CEI EN DIN
Exigences générales		60079-0
Protection par boîtier	t	60079-31
Enveloppe à surpression	p	60079-2
Sécurité intrinsèque	i	60079-11
Encapsulage	m	60079-18



### Mode de protection "Sécurité intrinsèque" (Ex "i")

Un circuit électrique est un circuit à sécurité intrinsèque lorsque les étincelles ou les effets thermiques ne peuvent provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosible déterminée.

**Particularités du mode de protection** La "sécurité intrinsèque" se base sur le principe consistant à limiter le courant et la tension à l'intérieur d'un circuit. L'énergie du circuit qui pourrait enflammer une atmosphère explosible est limitée, de sorte que ni des étincelles, ni un échauffement non autorisé des composants électriques ne peuvent enflammer l'atmosphère explosible qui les entoure.

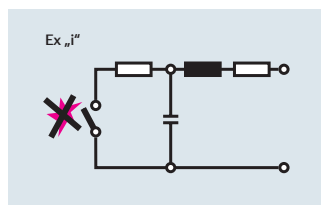
La "sécurité intrinsèque" est surtout utilisée dans les systèmes de mesure et de contrôle, puisque ces domaines ne nécessitent pas de courants, tensions et puissances de sortie élevées.

**Matériels électriques à sécurité intrinsèque** Il s'agit de matériels électriques dans lesquels l'ensemble des circuits sont exécutés en version à sécurité intrinsèque.

**Matériels électriques associés** Ce sont des matériels électriques qui ne contiennent pas uniquement des circuits à sécurité intrinsèque, et qui sont conçus de manière à ce que les circuits qui ne sont pas à sécurité intrinsèque ne puissent pas perturber les circuits à sécurité intrinsèque.

L'un des aspects essentiels de la "sécurité intrinsèque" est l'analyse des défauts par rapport à la conformité aux limites relatives à la tension, au courant et à la puissance de sortie. Les matériels électriques à sécurité intrinsèque et les parties à sécurité intrinsèque des matériels associés sont classés selon les niveaux de protection "ia", "ib" ou "ic" en fonction de cette analyse des défauts. En fonction de la certification pour la zone Ex "gaz" (EPL Gx) ou la zone Ex "poussière" (EPL Dx), un matériel disposant du niveau de protection "ia" peut être utilisé en zone 0 ou en zone 20. Le niveau de protection "ib" est utilisé en zone 1 ou 21 et le niveau de protection "ic" en zone 2 ou 22.

L'une des mesures de protection essentielles pour les circuits à sécurité intrinsèque est d'isoler de façon sûre les circuits à sécurité intrinsèque des circuits qui ne le sont pas. Pour une utilisation en zone 0, une isolation galvanique entre les circuits à sécurité intrinsèque et les autres est recommandée.



### Interconnexion des circuits à sécurité intrinsèque

Lors de l'interconnexion d'un matériel doté de circuits à sécurité intrinsèque, l'exploitant doit apporter une preuve concluante de la sécurité intrinsèque, montrant que la "sécurité intrinsèque" n'est pas entravée. L'interconnexion concerne les cas suivants :

- deux matériels à sécurité intrinsèque
- un matériel à sécurité intrinsèque et un matériel associé à sécurité intrinsèque
- plusieurs matériels associés ou actifs

Les règles d'interconnexion sont fournies par les règles de conception et d'installation de la norme CEI / EN 60079-14. Selon cette norme, les valeurs caractéristiques liées à la sécurité des paramètres d'entrée et de sortie des matériels doivent être comparées afin de vérifier si l'interconnexion des multiples éléments des matériels dotés de circuits à sécurité intrinsèque est conforme aux exigences de sécurité intrinsèque. L'interconnexion est autorisée uniquement si toutes les conditions nécessaires sont réunies.

Les paramètres des câbles doivent également être pris en compte car, avec les paramètres des matériels, ils influent sur les longueurs de câbles autorisées. Sur ce point, le planificateur doit créer une description du système, appelée "vérification de la sécurité intrinsèque", dans laquelle les différents éléments des matériels électriques sont précisés avec les valeurs caractéristiques, y compris les valeurs caractéristiques des câbles de connexion.

Les matériels électriques à sécurité intrinsèque et les parties à sécurité intrinsèque des matériels associés sont classés en catégories (niveaux de sécurité).

Les niveaux de sécurité dépendent des exigences de sécurité imposées pour la conception des matériels.

Catégorie de matériel à sécurité intrinsèque	Description	Installation du matériel	
Gaz / poussière		Gaz (EPL Gx)	Poussières (EPL Dx)
ia	Un matériel électrique à sécurité intrinsèque ne doit pas provoquer d'inflammation : <ul style="list-style-type: none"> <li>dans des conditions de fonctionnement normales ;</li> <li>si une seule erreur dénombrable se produit ;</li> <li>si deux erreurs dénombrables se produisent dans le matériel.</li> </ul>	Zone 0	Zone 20
ib	Un matériel électrique à sécurité intrinsèque ne doit pas provoquer d'inflammation : <ul style="list-style-type: none"> <li>dans des conditions de fonctionnement normales ;</li> <li>si une seule erreur se produit dans le matériel.</li> </ul>	Zone 1	Zone 21
ic	Un matériel électrique à sécurité intrinsèque ne doit pas provoquer d'inflammation dans des conditions de fonctionnement normales.	Zone 2	Zone 22

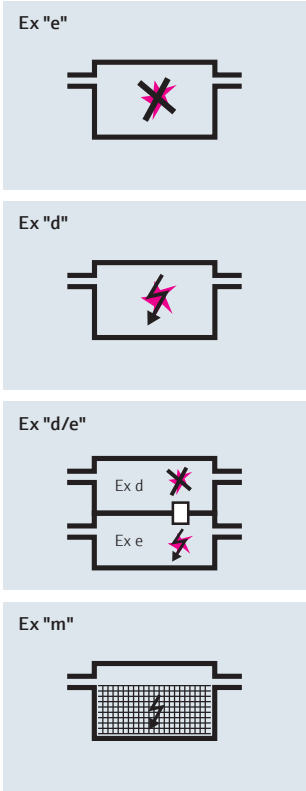
Les alimentations et les isolateurs entre les circuits à sécurité intrinsèque et les autres circuits de l'appareil fournissent la limite de tension et de courant nécessaire pour une utilisation dans des atmosphères explosibles.

**Mode de protection "Sécurité augmentée" Ex "e"** Ce mode de protection s'applique aux appareils qui ne génèrent normalement pas d'étincelles ni d'arcs électriques, qui n'atteignent pas de températures dangereuses et pour lesquels la tension d'alimentation ne dépasse pas 1 kV.

**Mode de protection "Enveloppes antidéflagrantes" Ex "d"** Le mode de protection contre les explosions "Enveloppe antidéflagrante" est utilisé pour éviter la propagation d'une explosion. Le degré de protection est basé sur les mesures de conception. La pénétration des gaz n'est pas empêchée. En cas d'inflammation à l'intérieur de l'enveloppe, celle-ci résistera à la pression explosive et l'inflammation ne sera pas transmise à l'extérieur. Aucune température supérieure aux valeurs autorisées n'est atteinte à la surface de l'enveloppe.

**Application et combinaison des modes de protection Ex "d" et Ex "e"**  
 Les "enveloppes antidéflagrantes", généralement en association avec le mode de protection "sécurité augmentée", représentent le mode de protection contre les explosions fondamental pour les dispositifs de mesure ayant une forte consommation d'énergie. Une enveloppe de connexion avec sécurité augmentée peut être prévue avec une entrée de câble Ex "e" fournie par le client afin de faciliter l'installation électrique pour les dispositifs avec enveloppe antidéflagrante. La douille de câble antidéflagrant dans le compartiment électronique Ex "d" est déjà installée en usine.

**Mode de protection "Encapsulage" Ex "m"** Le principe de l'encapsulage consiste à enrober les sources potentielles d'inflammation du matériel électrique dans une masse de remplissage adaptée, de telle sorte que l'atmosphère explosive ne puisse s'enflammer.





**Mode de protection Ex "n"** Ces mesures de protection contre les explosions peuvent être utilisées pour les dispositifs de catégorie 3G. Plusieurs mesures sont possibles à cette fin :

- Matériels ne produisant pas d'étincelles.....Marquage Ex "nA" (remplacé par Ex "ec" à l'avenir)
- Matériels produisant des étincelles, et dont les contacts sont protégés..... Marquage Ex "nC"
- Matériels à énergie limitée..... Marquage Ex "nL" (remplacé par Ex "ic")
- Matériels à respiration limitée..... Marquage Ex "nR"
- Matériels à surpression simplifiée..... Marquage Ex "nP"

Ces mesures de protection conviennent pour une utilisation en zone de danger de catégorie 2.

La mesure Ex "nL" a déjà été convertie en mode de protection contre les explosions Ex "ic" et n'est plus autorisée pour les produits mis sur le marché en Europe depuis mai 2013. La mesure Ex "nA" sera bientôt convertie en mode de protection contre les explosions Ex "ec".

**Protection contre les explosions pour matériels non électriques** Avec la publication de la directive 94/9/CE, la série de normes EN 13463 (future EN 80079) en Europe a également défini les règles de construction pour les

matériels non électriques. Certains principes de protection pour les matériels électriques ont été repris, ce qui a nécessité des adaptations afin de tenir compte des exigences spécifiques aux matériels non électriques.

#### Matériels non électriques destinés à être utilisés en atmosphères explosibles

	Abréviations	EN
Prescriptions et méthodologie		13463-1
Protection par enveloppe à circulation limitée	fr	13463-2
Protection par enveloppe antidéflagrante	d	13463-3
Protection par sécurité de construction	c	13463-5
Protection par contrôle de la source d'inflammation	b	13463-6
Protection par immersion dans un liquide	k	13463-8

#### Transposition nationale de la directive 1999/92/CE

Cette directive a été transposée par l'Ordonnance sur la sécurité du travail dans l'entreprise. Cette ordonnance, qui concerne "la protection de la sécurité et de la santé dans la fourniture des équipements de travail et leur utilisation au travail, ainsi que la sécurité lors du fonctionnement des installations soumises à une surveillance et l'organisation de la sécurité industrielle et de la santé au travail", contient des dispositions réglementaires détaillées sur le fonctionnement des installations Ex. L'une de ces dispositions stipule que les appareils et les systèmes de protection utilisés en atmosphère explosible doivent être choisis conformément à la directive 94/9/CE. Ils doivent être fournis avec le marquage requis pour l'utilisation dans la zone correspondante.

Sur la base de la directive ATEX 94/9/CE, on distingue deux groupes d'appareils :

Groupe d'appareils	Appareil
I	Appareils électriques destinés aux travaux des mines mis en danger par le grisou
II	Appareils électriques destinés aux atmosphères explosibles gazeuses et/ou poussiéreuses

Le groupe III a été créé dans les normes CEI et les normes EN associées pour la zone Ex "poussière".  
Exemple de marquage : II 1D Ex ta IIIC

## Groupes d'appareils

Les groupes d'appareils décrivent le degré de protection et le domaine d'application de l'appareil en question (conformément à la directive ATEX 94/9/CE). Les appareils comportant une source d'inflammation potentielle et donc susceptibles de déclencher une explosion doivent faire l'objet d'une évaluation des risques d'explosion. Sur cette base, des mesures doivent être prises en rapport avec les exigences essentielles de sécurité, afin d'exclure un risque d'inflammation par ces appareils. Les appareils du groupe I sont scindés en deux catégories et ceux du groupe II en trois catégories (1, 2 et 3), avec à chaque fois un niveau de sécurité différent. Les mesures de protection nécessaires dépendent du niveau de sécurité requis dans chaque cas.

Les appareils destinés à être utilisés dans des zones comportant des atmosphères explosibles poussiéreuses sont classés dans le groupe III. Le groupe III, créé par le biais des normes CEI, constitue désormais un nouvel ajout au marquage des appareils Ex "poussière".

**Groupe d'appareils I** Le groupe d'appareils I est celui des appareils destinés aux travaux souterrains des mines et aux parties de leurs installations de surface, susceptibles d'être mis en danger par le grisou et/ou des poussières combustibles (selon la directive ATEX 94/9/CE). Concernant les matériels électriques du groupe I (exploitation des mines), on part du principe que seul du méthane apparaît comme gaz combustible, associé toutefois à la poussière de charbon. Si, dans ces zones, d'autres substances combustibles peuvent également apparaître, il convient d'appliquer la répartition supplémentaire, telle qu'elle est réalisée dans le groupe II.

Ce groupe d'appareils est ainsi scindé en catégories M1 et M2.

**Groupe d'appareils II** Le groupe d'appareils II est celui des appareils destinés à être utilisés dans d'autres lieux susceptibles d'être mis en danger par des atmosphères explosives dues à la présence de gaz ou de poussière. Le groupe d'appareils II est scindé en trois catégories, selon l'apparition d'une atmosphère explosible dangereuse dans le domaine d'utilisation prévu.

Les matériels électriques du groupe d'appareils II sont en outre répartis entre plusieurs groupes de gaz, selon les caractéristiques de l'atmosphère explosible pour laquelle ils sont conçus.

**Groupe d'appareils III** Les appareils de ce groupe sont destinés à une utilisation dans les endroits où on peut s'attendre à la présence de poussière formant une atmosphère explosible. Les matériels électriques du groupe d'appareils III sont en outre répartis en fonction des caractéristiques des poussières potentiellement explosives pour lesquelles ils sont conçus.



### Catégories d'appareils :

**Catégorie M1** Les appareils de cette catégorie doivent garantir un état de fonctionnement même lorsqu'une atmosphère explosible apparaît.

**Catégorie M2** Les appareils de cette catégorie doivent pouvoir être mis hors tension lorsqu'une atmosphère explosible apparaît.

Les appareils de la catégorie M1 présentent un niveau de sécurité très élevé et peuvent continuer à être utilisés même en cas d'apparition d'une atmosphère explosible ; les appareils de la catégorie M2 présentent un niveau de sécurité élevé, mais ils doivent être mis hors tension en cas d'apparition d'une atmosphère explosible.

### Catégories du groupe II (groupe gaz)

- IIA, exemple de gaz typique : propane
- IIB, exemple de gaz typique : éthylène
- IIC, exemple de gaz typique : hydrogène

### Catégories du groupe III (groupe poussière)

- IIIA, peluches combustibles
- IIIB, poussière non conductrice
- IIIC, poussière conductrice



**Catégories d'appareils** Les appareils des groupes II et III sont répartis en catégories 1, 2 et 3 avec différents niveaux de sécurité.

En outre, les appareils sont marqués d'un code indiquant l'atmosphère explosible dans laquelle ils peuvent être utilisés. La protection contre une atmosphère explosive gazeuse est signalée par le marquage "G" et la protection contre une atmosphère explosive poussiéreuse est signalée par le marquage "D".

Concernant les indications de catégories d'appareils, des combinaisons sont également possibles. Par exemple, le marquage II 1/2 G ou 1/3 G signifie qu'une partie de l'appareil (par exemple un élément capteur) satisfait aux exigences de la catégorie 1, tandis qu'une autre partie (par exemple le boîtier du capteur avec le système électronique) répond aux exigences de la catégorie 2 ou 3. Cette catégorisation est fréquente pour les appareils adaptés à une installation dans des cloisons de réservoirs (= cloisons de zones ; par exemple intérieur zone 0, extérieur zone 1 ; ou intérieur zone 0, extérieur zone 2). Ce même marquage est également utilisé pour le marquage des applications dans des atmosphères avec présence de poussières combustibles.



#### Catégories d'appareils :

**Catégorie 1** appareils et systèmes présentent un "niveau très élevé" de protection

**Catégorie 2** appareils et systèmes présentent un "niveau élevé" de protection

**Catégorie 3** appareils et systèmes présentent un "niveau normal" de protection



## Nouveau marquage CEI

**Niveau de protection des appareils** Les appareils destinés à être utilisés dans des atmosphères avec présence de poussières combustibles ont été intégrés dans la norme CEI EN 60079-0. Ainsi, cette norme traite des exigences générales applicables aux appareils destinés aux atmosphères avec présence de gaz et de poussière. Le marquage des appareils a été complété par le niveau de protection des appareils (EPL pour Equipment Protection Level).

Ce marquage comporte deux lettres. La première indique l'atmosphère explosible : G pour le gaz, D pour la poussière ("Dust" en anglais). Le niveau de protection effectif est défini par les lettres a, b ou c. Ce marquage a été repris par les règles d'installation des matériels électriques dans les atmosphères explosibles (EN 60079-14/VDE 0165).

EPL Ma	Appareils à niveau de protection "très élevé" destinés à être installés dans les mines mises en danger par le grisou. Les appareils de cette catégorie peuvent continuer à être utilisés lorsqu'une atmosphère explosible apparaît.
EPL Mb	Appareils à niveau de protection "élevé" destinés à être installés dans les mines mises en danger par le grisou. Les appareils de cette catégorie doivent pouvoir être mis hors tension lorsqu'une atmosphère explosible apparaît.
EPL Ga	Appareils à niveau de protection "très élevé" destinés à être utilisés en atmosphères gazeuses explosives.
EPL Gb	Appareils à niveau de protection "élevé" destinés à être utilisés en atmosphères gazeuses explosives.
EPL Gc	Appareils à niveau de protection "normal" destinés à être utilisés en atmosphères gazeuses explosives.
EPL Da	Appareils à niveau de protection "très élevé" destinés à être utilisés en atmosphères poussiéreuses combustibles.
EPL Db	Appareils à niveau de protection "élevé" destinés à être utilisés en atmosphères poussiéreuses combustibles.
EPL Dc	Appareils à niveau de protection "normal" destinés à être utilisés en atmosphères poussiéreuses combustibles.

Les différents appareils doivent être sélectionnés sur la base des exigences requises pour une installation en zone 0, 1 ou 2 pour les atmosphères gazeuses explosives ou en zone 20, 21 ou 22 pour les atmosphères poussiéreuses combustibles.

Le marquage indique la compatibilité de l'appareil avec les différentes atmosphères explosibles. Dans le tableau figurent l'affectation des appareils aux différentes catégories et le niveau de protection correspondant aux atmosphères explosibles (zones).

Affectation des appareils				
Directive 1999/92/ EC BetrSichV	Catégorie ATEX (directive 94/9/CE)		CEI/EN 60079-0 CEI/EN 60079-14	
Zone	Groupe d'appareils	Catégorie d'appareils	Groupe d'appareils	Niveau de protection (EPL)
	I	M1	I	Ma
		M2		Mb
0	II	1G	II	Ga
1		2G		Gb
2		3G		Gc
20		1D	III	Da
21		2D		Db
22		3D		Dc



Concernant les indications sur le niveau de protection, des combinaisons sont également possibles. Par exemple, le marquage Ga/Gb signifie qu'une partie de l'appareil (par exemple un élément capteur) satisfait aux exigences du niveau de protection Ga, tandis qu'une autre partie (par exemple le boîtier du capteur avec le système électronique) répond aux exigences du niveau de protection Gb. Cette catégorisation est fréquente pour les appareils adaptés à une installation dans des cloisons de réservoirs (= cloisons de zones ; par exemple intérieur zone 0, extérieur zone 1).

Par le passé, le symbole "EEx" a été utilisé dans les marquages en Europe. Il faisait référence aux normes européennes. Avec la version actuelle des normes, cela n'est plus nécessaire ; désormais, le symbole pour le marquage des nouveaux appareils est "Ex". Par ailleurs, la nouvelle version de la norme autorise un marquage alternatif. Certains modes de protection contre les explosions voient le niveau de protection complété par les lettres a, b ou c, marqué du symbole de la protection contre les explosions. Le marquage alternatif prévoit l'ajout de ces lettres supplémentaires pour tous les modes de protection contre les explosions.

Mode de protection	Applications avec atmosphères gazeuses			Applications avec atmosphères poussiéreuses		
	Zone 0 EPL Ga	Zone 1 EPL Gb	Zone 2 EPL Gc	Zone 20 EPL Da	Zone 21 EPL Db	Zone 22 EPL Dc
Enveloppe antidéflagrante	da	db	dc			
Sécurité augmentée		eb	ec			
Sécurité intrinsèque	ia	ib	ic	ia	ib	ic
Encapsulage	ma	mb	mc	ma	mb	mc
Immersion dans l'huile		ob				
Remplissage pulvérulent		qb				
Enveloppe à surpression		pxb, pyb	pzc		pb	pc
Protection par boîtier				ta	tb	tc
Énergie limitée			nL			
Respiration limitée			nR			
Ne produisant pas d'étincelles			nA			
Dispositif à contacts protégés			nC			


**Marquage** Pour les matériels électriques associés avec le mode de protection "sécurité intrinsèque" qui doivent être installés dans des zones non dangereuses, les symboles pour ce mode de protection doivent être placés entre crochets, par exemple [Ex ia] IIC. Si l'appareil doit être installé dans des atmosphères explosibles, il doit alors être protégé par un autre mode de protection contre les explosions. Dans ce cas, seul le marquage pour la sécurité intrinsèque est placé entre crochets, par exemple Ex de [ia] IIC T6. La classe de température doit aussi être précisée puisque l'appareil peut être placé en atmosphère explosible.

Les appareils destinés à être utilisés dans des atmosphères avec présence de poussières combustibles ont été intégrés dans la norme EN 60079-0:2007. Ainsi, cette norme traite des exigences générales applicables aux appareils destinés aux atmosphères avec présence de gaz et de poussière. Ceci permet d'ajouter le niveau de protection au marquage. Le niveau de protection des appareils (EPL) comporte deux lettres. La première lettre indique le type d'atmosphère explosible : G pour le gaz, D pour la poussière ("Dust" en

anglais). Le niveau de protection lui-même est défini par les lettres a, b ou c, de la même manière que celles-ci sont prises en compte pour la sécurité intrinsèque (niveau de protection ia, ib, ic). Le mode de protection contre les explosions pour l'appareil est ajouté au marquage. Le marquage EPL doit être placé après le mode de protection sur un matériel électrique associé. Exemple [Ex ia Ga] : si un matériel électrique associé comportant un circuit à sécurité intrinsèque "ia" est installé dans un mode de protection supplémentaire, par exemple enveloppe antidéflagrante avec sécurité augmentée, pour l'installer en zone 1, le marquage qui en découle est Ex de [ia Ga] IIC T6 Gb.

La norme CEI/EN 60079-0 autorise un marquage alternatif dans les cas où le marquage contient des informations en double. Pour certains modes de protection, le niveau de protection est complété en ajoutant les lettres a, b ou c au symbole du mode de protection. Par exemple, le mode enveloppe antidéflagrante "d" peut être marqué par "db". Ceci permet d'éviter les doublons. C'est la raison pour laquelle on trouve actuellement différents marquages sur les appareils.

**Directive européenne 94/9/CE**



II 2G

1

**Normes internationales/européennes CEI/EN 60079 et ultérieures**

Ex

de IIC

T4

Gb

2

3

- 1. Catégorie 2G : convient pour la zone 1
- 2. Enveloppe antidéflagrante / sécurité augmentée : convient pour la zone 1
- 3. Niveau de protection des appareils Gb : convient pour la zone 1

Exemples de nouveau marquage

Ancien marquage	Nouveau marquage	Marquage alternatif
II 1G EEx ia IIC T6	II 1G Ex ia IIC T6 Ga	II 1G Ex ia IIC T6
II 2G EEx d [ia] IIC T6	II 2G Ex d [ia Ga] IIC T6 Gb	II 2G Ex db [ia] IIC T6
II 2G EEx de IIC T4	II 2G Ex de IIC T6 Gb	II 2G Ex db eb IIC T4
II 2D EEx tD A21 IP65 T200 °C	II 2D Ex tb IIIC T200 °C Db	II 2D Ex tb IIIC T200 °C
II 1/2G EEx ia IIC T6	II 1/2G Ex ia IIC T6 Ga/Gb	II 1/2G Ex ia IIC T6
II 3G EEx nA IIC T6	II 3G Ex nA IIC T6 Gc	II 3G Ex nAc IIC T6
II (1)2 G EEx d[ia] IIC T6	II (1)2G Ex d [ia Ga] IIC T6 Gb	II (1)2G Ex d[ia] IIC T6
II (1) GD [EEx ia] IIC	II (1) GD [Ex ia Ga] IIC [Ex ia Da] III B	II (1)G [Ex ia] IIC II (1)D [Ex ia] IIIB



## Mise en place et exploitation d'installations électriques en atmosphères explosibles

Dans les atmosphères explosibles, la sécurité doit être garantie par toutes les personnes impliquées : fabricants, installateurs, administrations, organismes d'inspection et exploitants. La responsabilité de la sécurité de l'installation incombe à l'exploitant. L'exploitant doit évaluer le risque d'explosion et classer les zones conformément à la norme CEI EN 60079-10 ou aux règles et dispositions nationales.

Il doit veiller à ce que l'installation soit correctement mise en place et inspectée avant sa mise en service. L'état correct de l'installation doit être assuré au moyen d'inspections et d'opérations de maintenance régulières. L'installateur doit respecter les exigences relatives à l'installation et il doit sélectionner et installer correctement les matériels électriques.

### Atmosphère explosible (gaz et poussière)

	CEI EN DIN
Conception, sélection et construction des installations électriques	60079-14
Inspection et entretien des installations électriques	60079-17
Réparation, révision et remise en état du matériel	60079-19

Les fabricants d'appareils protégés contre les explosions doivent prévoir un système d'assurance qualité contrôlé lors de la fabrication conformément à la norme DIN EN CEI 80079-34 et veiller à ce que chaque appareil corresponde au modèle testé.

**Installation** Trois systèmes d'installation sont utilisés pour les installations électriques en atmosphères explosibles.

**Application et combinaison des modes de protection contre les explosions Ex "d" et Ex "e"**  
(système de boîtier à double compartiment) et Ex "d" (système de boîtier à un seul compartiment)

#### Entrée de câble indirecte (système de boîtier à double compartiment)

Les câbles et les fils entrent dans le compartiment de connexion à mode de protection "sécurité augmentée" au moyen de presse-étoupe adaptés. Les bornes et les presse-étoupe sont certifiés Ex "e". Le compartiment de connexion (Ex "e") est séparé du boîtier électronique (Ex "d") par une douille certifiée (Ex "d").

#### Entrée de câble directe (système de boîtier à un seul compartiment)

Les câbles de connexion entrent directement dans le boîtier électronique de l'appareil (Ex "d"). Seuls des presse-étoupe spécialement certifiés à cet effet peuvent être utilisés.

#### Système de gaines (système de boîtier à un seul compartiment)

Les fils électriques sont tirés dans la gaine métallique fermée un par un. Les gaines sont reliées au boîtier par des raccords vissés spéciaux et doivent être fournies avec un joint à chaque point d'entrée. Tout le système de gaine doit être conçu selon les normes antidéflagrantes.

Les "enveloppes antidéflagrantes", généralement en association avec le mode de protection contre les explosions "sécurité augmentée", représentent le mode de protection fondamental contre les explosions pour les appareils ayant une alimentation haute en énergie. Il est particulièrement important que l'exploitant puisse utiliser une procédure d'installation simple pour un "boîtier

à double compartiment" avec le mode de protection contre les explosions Ex "de". Avec un "boîtier à un seul compartiment" conçu selon le mode de protection contre les explosions Ex "d", l'installateur doit veiller à utiliser le bon presse-étoupe Ex "d" et à l'installer correctement. La technique Ex "d" pure est une pratique d'installation employée essentiellement aux États-Unis (système de gaines) ou dans le secteur offshore.

Obligations des fabricants, des installateurs et des exploitants

Fabricant	Installateur	Exploitant
Tâches		
Conception de matériels électriques compatibles avec une utilisation en atmosphères explosibles	Sélection et installation des matériels électriques conformément à l'usage prévu	Exploitation de l'installation en toute sécurité
Obligations		
Respect des exigences générales et spécifiques concernant la conception et l'état actuel de la technique. Demande d'évaluation de la conformité par une autorité indépendante, si nécessaire en fonction de la catégorie d'appareils concernée. Transmission de toutes les informations Ex pertinentes (certifications) et déclarations du fabricant à l'exploitant. Production de tous les matériels électriques conformément à la documentation technique et aux échantillons de test.	Sélection et installation conformément aux exigences d'installation et à l'usage prévu. Si l'installateur n'est pas l'exploitant, l'installateur est tenu de présenter à l'exploitant un certificat d'installation si celui-ci le demande. Ce certificat confirme que les installations électriques répondent aux exigences. Si un tel certificat a été présenté, l'exploitant n'est plus tenu de réaliser une inspection supplémentaire avant la mise en service initiale.	Responsabilité concernant la sécurité du système. Classification en zones sur la base des risques d'explosion. Vérification de l'état correct et sûr du système : <ul style="list-style-type: none"><li>■ avant la mise en service initiale ;</li><li>■ à intervalles réguliers définis.</li></ul> L'exploitant doit établir un document relatif à la protection contre les explosions conformément à l'Ordonnance sur la sécurité du travail dans l'entreprise. Ce document décrit toutes les précautions visant à garantir la protection contre les explosions. Il doit fournir des informations diverses concernant : la détermination du risque d'explosion, la classification des zones dangereuses (plan des zones Ex), les mesures d'organisation (instructions, systèmes d'avertissement, issues de secours, etc.) et la sélection des appareils adaptés correspondant aux différentes zones (matériels électriques et non électriques à protection Ex).

Toutes les personnes impliquées dans la planification et l'installation des équipements protégés contre les explosions, notamment les "responsables", les "planificateurs" et les

"travailleurs qualifiés", doivent posséder et pouvoir apporter la preuve qu'ils possèdent les connaissances spécialisées requises (DIN EN 60079-14).



**Révision et entretien** Des opérations d'entretien régulières sont nécessaires pour maintenir la sécurité des installations électriques dans les atmosphères explosibles.

L'un des principes les plus importants est le suivant : travailler sur des installations et des matériels électriques sous tension est strictement interdit dans les atmosphères explosibles. À titre exceptionnel, les travaux sont autorisés sur les circuits à sécurité intrinsèque.

L'exploitant doit obéir aux principes essentiels suivants lors des opérations de maintenance et de réparation :

- Maintien du système en bon état
- Surveillance permanente du système électrique
- Mise en œuvre immédiate des mesures de maintenance requises
- Exploitation conforme du système
- Arrêt de l'exploitation si un défaut ne peut être corrigé

**Dispositions et normes légales** Les dispositions réglementaires nationales doivent être respectées lors de la mise en place d'installations dans des atmosphères explosibles. On distingue ici les atmosphères explosibles en milieu souterrain et en surface dans le cas de l'exploitation des mines. Cependant, les spécificités concernant les mines ne seront pas évoquées plus en détail dans ce document.

Hors Europe, la protection contre les explosions reste réglementée par des dispositions nationales. Les différences spécifiques aux pays dans les exigences techniques et les certifications requises impliquent des efforts considérables en matière de développement et d'agrément pour le fabricant. Par conséquent, un fabricant actif au niveau mondial doit mettre au point ses appareils en appliquant toutes les normes de sécurité.

Au sein de l'Union européenne, le processus d'harmonisation dans le domaine de la protection contre les explosions est largement parvenu à son terme. Néanmoins, les normes sont adaptées de manière permanente à l'heure actuelle aussi bien pour les fabricants que pour les exploitants. Cela signifie que les fabricants comme les exploitants doivent vérifier régulièrement les normes techniques et les dispositions réglementaires qui les concernent et, si nécessaire, adapter leurs appareils aux nouvelles exigences. Cela représente un effort considérable pour chacun.

À l'échelon international, la CEI tente de se rapprocher de l'objectif "un test et une certification unique pour le monde entier" en mettant en place le Système IECEx.

### 3. Amérique du Nord

#### Classification des atmosphères explosibles

Les principes de base de la protection contre les explosions sont les mêmes partout. Néanmoins, en Amérique du Nord, les technologies et les systèmes utilisés dans le domaine de la protection contre les explosions pour les matériels et les installations électriques sont très différents des normes CEI. Par rapport à la protection contre les explosions en Europe et conformément aux normes de la CEI, les différences concernent la classification des zones dangereuses à risque d'explosion, la conception des appareils et l'installation des matériels électriques.

Aux États-Unis et dans les pays qui suivent les directives américaines, les atmosphères explosibles sont définies selon le Code électrique national NEC 500 à NEC 506 (NEC = National Electrical Code) et, au Canada, selon le CEC (Code électrique canadien). Les zones sont généralement réparties en trois classes (classe I à classe III).

- Classe I : Gaz, vapeurs et brouillards inflammables
- Classe II : Poussières combustibles
- Classe III : Fibres et peluches inflammables

Les atmosphères explosibles sont réparties entre la division 1 et la division 2 sur la base de la fréquence ou de la durée d'apparition de ces substances.

En plus du système existant, en 1996, les États-Unis et le Canada ont mis en place le système de zones de la CEI. Les exploitants ont ainsi la possibilité de choisir le système optimal pour eux sur le plan technique et économique. Comme dans la norme CEI, les gaz potentiellement explosifs de la classe I sont à leur tour répartis entre les groupes A, B, C et D et les poussières combustibles de la classe II entre les groupes E, F et G.

En revanche, contrairement à la norme CEI, les groupes A et B sont les groupes de gaz les plus inflammables (ce qui correspond au groupe CEI IIC). La température maximale à la surface conformément au NEC 505 est définie en accord avec la CEI en six classes de température T1 à T6 avec une subdivision supplémentaire en sous-classes de température dans le système de division.

**Règles concernant l'installation** Les méthodes d'installation pour le système de zones conforme au NEC correspondent largement à celles du système de classe/division conventionnel. Outre l'utilisation de gaines rigides et de câbles à isolation minérale dans la classe I, division 1 ou la zone 1, l'utilisation de câbles à blindage métallique certifiés est possible.

Dans une installation selon le système de gaine, les fils électriques sont tirés un par un à l'intérieur de conduits métalliques fermés. Les conduits sont reliés aux boîtiers par des raccords vissés et doivent être fournis avec un joint à chaque point d'entrée. Le joint sert à éviter que les explosions qui pourraient se produire à l'intérieur du boîtier ne se propagent dans le système de gaine.

**Certification et marquage** Aux États-Unis et au Canada, les matériels électriques destinés aux zones dangereuses à risque d'explosion nécessitent une certification. Dans ces pays, les matériels électriques sont testés et approuvés par des organismes d'inspection reconnus au niveau national. Pour les États-Unis, il s'agit des Nationally Recognized Testing Laboratories (NRTL, laboratoires d'essai reconnus au niveau national), notamment Underwriters Laboratories (UL), Factory Mutual (FM) et l'Association canadienne de normalisation (CSA) (voir aussi <http://www.osha.gov/dts/otpc/nrtl>). Au Canada, tous les organismes d'inspection accrédités par le Conseil canadien des normes (CCN) sont agréés, notamment la CSA, QPS, FM.

Les appareils doivent être marqués avec les données générales (par ex. nom du fabricant) et les données relatives à la protection contre les explosions. Les détails à ce sujet figurent dans le NEC, le CEC et les règles de construction correspondantes des organismes d'inspection.

**Classe I, II ou III, division 1 et 2** Les matériels certifiés pour la classe I, la classe II ou la classe III, division 1 ou 2, doivent être marqués de manière à inclure les informations suivantes :

- Classes, division
- Groupe de gaz/poussières
- Classe de température



**Exemple :** Classe I Division 1 Groupe C D T6  
Classe I, Zone 0, 1 ou 2



Dans le cas d'un appareil destiné à être utilisé en classe I, zone 0, zone 1 ou zone 2, une distinction est opérée entre "appareil de division" et "appareil de zone".

**Appareil de division :** Les appareils certifiés pour la classe I, division 1 et/ou la classe I, division 2, peuvent aussi être fournis avec l'identifiant de zone équivalent :

- Classe I, zone 1 ou classe I, zone 2
- Groupe de gaz IIA, IIB ou IIC
- Classe de température

**Appareil de zone :** Les appareils correspondant à un ou plusieurs modes de protection contre les explosions conformément au NEC et au CEC doivent être marqués comme suit :

- Classe
- Zone
- Symbole AEx (États-Unis) ou Ex (Canada)
- Abréviation du mode de protection contre les explosions utilisé
- Groupe de gaz IIA, IIB ou IIC
- Classe de température



**Exemple :** Classe I Zone 1 IIC T3



**Exemple :** Classe I Zone 0 AEx ia IIC T5

### Comparaison de la classification des atmosphères explosibles CEI – NEC – CEC

	Gaz, vapeurs et brouillards		Poussières	Fibres et peluches
	(IEC)	Class I	Class II	Class III
Réglementation américaine	NEC 505	NEC 500	NEC 500	NEC 500
Réglementation canadienne	CEC 18	CEC 18	CEC 18	CEC 18
Classification	Zone 0 Zone 1 Zone 2	Division 1  Division 2	Division 1  Division 2	Division 1  Division 2
Groupes	NEC 505 CEC 18	NEC 500 CEC 18	NEC 500 CEC 18	
	Zone 0, 1, 2 IIA (propane) IIB (éthylène) IIC (hydrogène)	Div. 1 et 2 A (acétylène) B (hydrogène) C (éthylène) D (propane)	E (métaux) F (charbon) G (céréales)	Div. 1 et 2
Classes de température	Zone 0, 1 et 2	Div. 1 et 2	Div. 1 et 2	néant
	T1 ≤ 450 °C	T1 ≤ 450 °C	T1 ≤ 450 °C	
	T2 ≤ 300 °C	T2 ≤ 300 °C	T2 ≤ 300 °C	
		T2A ≤ 280 °C	T2A ≤ 280 °C	
		T2B ≤ 260 °C	T2B ≤ 260 °C	
		T2C ≤ 230 °C	T2C ≤ 230 °C	
		T2D ≤ 215 °C	T2D ≤ 215 °C	
	T3 ≤ 200 °C	T3 ≤ 200 °C	T3 ≤ 200 °C	
		T3A ≤ 180 °C	T3A ≤ 180 °C	
		T3B ≤ 165 °C	T3B ≤ 165 °C	
		T3C ≤ 160 °C	T3C ≤ 160 °C	
	T4 ≤ 135 °C	T4 ≤ 135 °C	T4 ≤ 135 °C	
		T4A ≤ 120 °C	T4A ≤ 120 °C	
	T5 ≤ 100 °C	T5 ≤ 100 °C	T5 ≤ 100 °C	
	T6 ≤ 85 °C	T6 ≤ 85 °C	T6 ≤ 85 °C	

## Matériels électriques protégés contre les explosions et lieu d'utilisation

Mode de protection	Symbole	Région	Peut être utilisé en
Sécurité augmentée	AEx e Ex e Ex e	États-Unis Canada CEI	Classe I, Zone 1 Classe I, Zone 1 Zone 1
Enveloppe antidéflagrante	XP XP AEx d Ex d Ex d	États-Unis Canada États-Unis Canada CEI	Classe I, Div. 1 Classe I, Div. 1 Classe I, Zone 1 Classe I, Zone 1 Zone 1
Sécurité intrinsèque	IS IS AEx ia AEx ib Ex ia Ex ib Ex ia Ex ib	États-Unis Canada États-Unis États-Unis Canada Canada CEI CEI	Classe I, Div. 1 Classe I, Div. 1 Classe I, Zone 0 Classe I, Zone 1 Classe I, Zone 0 Classe I, Zone 1 Zone 0 Zone 1
Encapsulage	AEx m Ex m Ex ma Ex mb Ex mc	États-Unis Canada CEI CEI CEI	Classe I, Zone 1 Classe I, Zone 1 Zone 0 Zone 1 Zone 2
Matériels ne produisant pas d'étincelles	NI NI AEx nA Ex nA Ex nA	États-Unis Canada États-Unis Canada CEI	Classe I, Div. 2 Classe I, Div. 2 Classe I, Zone 2 Classe I, Zone 2 Zone 2
Dispositif à contacts protégés	AEx nC Ex nC Ex nC	États-Unis Canada CEI	Classe I, Zone 2 Classe I, Zone 2 Zone 2
Appareil à énergie limitée	AEx nL Ex nL Ex nL (replaced by Ex ic)	États-Unis Canada CEI	Classe I, Zone 2 Classe I, Zone 2 Zone 2
Respiration limitée	AEx nR Ex nR Ex nR	États-Unis Canada CEI	Classe I, Zone 2 Classe I, Zone 2 Zone 2

Matériels électriques protégés contre les explosions et lieu d'utilisation



**Degrés de protection pour les boîtiers** À l'instar de la norme CEI 60529 qui précise les degrés de protection IP pour les boîtiers, aux États-Unis la norme n° 250 de la NEMA (National Electrical Manufacturing Association) définit le degré de protection pour les boîtiers.

#### Comparaison de la classification NEMA avec les degrés de protection IP

Degré de protection selon la NEMA	Degré de protection selon la CEI	Mode de protection
1	IP 20	
2	IP 21	
3	IP 54	
3R	IP 24	
3S	IP 54	
4 et 4X	IP 55	
5	IP 50	
6	IP 67	
6P	IP 68	
7		Ex II d
8		Ex II d
9		DIP (StEx)
10		Ex I d
12 et 12K	IP 52	

Degré de protection Etats-Unis/Europe

## 4. Système IECEx

**Système international de protection contre les explosions (système IECEx)** La Commission électrotechnique internationale (CEI) est chargée de la normalisation mondiale dans le domaine du génie électrique. Les règles et dispositions concernant la protection contre les explosions des matériels et systèmes électriques sont publiées par le Comité d'étude CE 31. Jusqu'à récemment, les exigences relatives aux zones avec atmosphères explosibles gazeuses étaient définies dans la série de normes CEI 60079 et celles relatives aux zones avec atmosphères explosibles poussiéreuses étaient définies dans la série de normes CEI 61241.

Étant donné que bon nombre des exigences pour les deux types de zone sont identiques, elles ont été regroupées dans la nouvelle série de normes CEI 60079. Par conséquent, la norme CEI 61241 va disparaître. Les normes européennes concernant la protection contre les explosions devront donc être orientées par rapport à ces règles et dispositions, ce qui est déjà le cas dans certains domaines. Cependant, les normes nationales peuvent différer de ces normes. Il est donc nécessaire de vérifier l'étendue selon laquelle les normes CEI peuvent être appliquées. La CEI classe également les atmosphères explosibles en zones.

Atmosphères explosives gazeuses	
Zone 0	Zone au sein de laquelle existe une atmosphère explosible due à la présence permanente ou pendant de longues durées d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.
Zone 1	Zone au sein de laquelle il peut se former, dans le cadre d'un fonctionnement normal, une atmosphère explosible due à la présence d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.
Zone 2	Zone au sein de laquelle, en cas de fonctionnement normal, il n'apparaît normalement pas, ou alors seulement rarement et pendant de courtes durées, une atmosphère explosible due à la présence d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.

Zones avec présence de poussières potentiellement explosives	
Zone 20	Zone au sein de laquelle existe une atmosphère explosible permanente, pendant de longues durées ou fréquente, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.
Zone 21	Zone au sein de laquelle il peut se former, occasionnellement en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosible sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.
Zone 22	Zone au sein de laquelle, en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosible n'apparaît normalement pas ou seulement pendant de courtes durées, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.

**Installation et exploitation des installations protégées contre les explosions** La CEI a créé différentes normes pour l'installation et l'exploitation des installations protégées contre les explosions :

- CEI 60079-14 : Conception, sélection et construction des installations électriques
- CEI 60079-17 : Inspection et entretien des installations électriques
- CEI 60079-19 : Réparation, révision et remise en état du matériel
- CEI 60079-10-1 : Classification des emplacements – Atmosphères explosives gazeuses
- CEI 60079-10-2 : Classification des emplacements – Atmosphères explosives poussiéreuses



**Système IECEx** Les principes physiques de la protection contre les explosions sont les mêmes partout dans le monde. Par conséquent, l'étape suivante logique consiste à réglementer les conditions de certification des matériels électriques protégés contre les explosions dans le monde entier. Ceci permettrait de créer une réglementation nationale neutre pour le commerce mondial. En ce sens, la CEI a établi un système de certification en vue de mettre en place une certification normalisée : le système IECEx.

À ce jour, le système IECEx est un système de certification volontaire qui compte plus de 30 pays membres, dont deux (Australie et Nouvelle-Zélande) viennent de reconnaître la certification dans leur législation nationale. Dans les autres pays membres de l'IECEx, seuls les rapports d'essai IECEx sont reconnus ; les certificats nationaux sont généralement délivrés sur la base de ces rapports. À l'échelle mondiale, il existe toute une série d'organismes de certification IECEx reconnus, qui sont accrédités et délivrent des certificats conformément aux spécifications internationales normalisées.

Le système IECEx comprend 4 systèmes de certification :

- IECEX Equipment Certification / Certification de conformité d'équipement IECEX
- IECEX Service Facility Certification / Certification de conformité d'atelier de service IECEX
- IECEX Conformity Mark Licensing / Licence de marque de conformité IECEX
- IECEX Certified Persons / Certification de compétence de personnes IECEX

Avec le système IECEx, un certificat est délivré lorsque l'essai de type a été réalisé avec succès. Le fabricant doit apporter la preuve documentaire qu'il dispose d'un système de management de la qualité correspondant, comme l'imposent également les procédures de certification nationales.

Néanmoins, il existe actuellement des procédures de certification différentes au niveau régional et national dans le monde entier. Il existe également des dispositions réglementaires nationales pour l'installation. Les différences nationales sont très clairement identifiables dans le marquage des appareils. Il reste à voir combien de temps il va falloir pour une mise en œuvre à l'échelle mondiale. Pouvoir se fier à une base de normes pour l'évaluation des installations et la sélection des appareils est un avantage économique aussi bien pour les exploitants que pour les fabricants. Des règles communes normalisées pour une procédure de certification internationale qui profite au libre-échange mondial ont été élaborées.

Ces règles ont été publiées dans les documents suivants de la CEI :

### IECEx 01 Système CEI pour la certification de conformité aux normes des matériels électriques destinés à être utilisés en atmosphères explosives (système IECEx)

- Règles de base

## IECEx 02 Système CEI pour la certification de conformité aux normes des matériels électriques destinés à être utilisés en atmosphères explosives (système IECEx)

- Règles de procédure

La mise en place d'un certificat en ligne a également eu son importance dans le développement de la procédure de certification IECEx. Cette fonction permet d'accéder à toutes les options, notamment la recherche, la consultation et l'impression des certificats de conformité IECEx délivrés. Grâce à cette fonction, les utilisateurs peuvent disposer d'un accès instantané dans le monde entier.

Le site de l'IECEX permet d'accéder à la rubrique des certificats en ligne :



[www.iecex.com](http://www.iecex.com).

# IECEx Certificate of Conformity

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC Certification Scheme for Explosive Atmospheres

for rules and details of the IECEx Scheme visit [www.iecex.com](http://www.iecex.com)

Certificate No.:

IECEx KEM 10.0043X

Issue No.:1

Certificate History:

Issue No. 1 (2011-2-17)

Issue No. 0 (2010-7-22)

Status:

Current

Date of Issue:

2011-02-17

Page 1 of 4

Applicant:

Endress+Hauser GmbH+Co. KG  
Hauptstrasse 1  
78689 Maulburg  
Germany

Electrical Apparatus:

Level Transmitter Levelflex FMP5x

Optional accessory:

Type of Protection:

Ex i, Ex d, Ex t, Ex n

Marking:

Ex ia IIC T8 - T1 Ga  
Ex ia IIC T8 - T1 Ga/Gb  
Ex ic [ia] IIC T8 - T1 Ga/Gb  
Ex nA [ia] IIC T8 - T1 Ga/Gb  
Ex nA IIC T8 - T1 Gc  
Ex ic IIC T8 - T1 Gc  
Ex d [ia] IIC T8 - T1 Ga/Gb  
Ex i IIC Txx °C Da  
Ex ia IIC Txx °C Da  
Ex t IIC Txx °C Da/Db

Approved for issue on behalf of the IECEx  
Certification Body:

T. Pijper

Position:

Certification Manager

Signature:

(for printed version)

Date:

2011-02-17

1. This certificate and schedule may only be reproduced in full.
2. This certificate is not transferable and remains the property of the issuing body.
3. The Status and authenticity of this certificate may be verified by visiting the Official IECEx Website.

Certificate issued by:

DEKRA Certification B.V.  
Utrechtseweg 318  
6812 AR Arnhem  
The Netherlands

All testing, inspection, auditing and certification activities of the former KEMA Quality are an integral part of the DEKRA Certification Group.





## 5. Glossaire

### Bibliographie

Directive 94/9/CE du Parlement européen et du Conseil, du 23 mars 1994, concernant le rapprochement des législations des États membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles, Journal officiel des Communautés européennes, n° L 100/1.

Directive 1999/92/CE du Parlement Européen et du Conseil, du 16 décembre 1999, 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'atmosphères explosives, Journal officiel des Communautés européennes, n° L 23/57.

Ordonnance allemande sur la sécurité du travail dans l'entreprise (BetrSichV) : ordonnance concernant la protection de la sécurité et de la santé dans la fourniture des équipements de travail et leur utilisation au travail, ainsi que la sécurité lors du fonctionnement des installations soumises à une surveillance et l'organisation de la sécurité industrielle et de la santé au travail.

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Regelwerke (Réglementations des associations professionnelles allemandes) ; Carl Heymanns Verlag KG, Cologne

Normes EN/VDE ; Beuth-Verlag, Berlin

EN 60079-0:2010 (VDE 0170-1)  
Atmosphères explosives – Partie 0 : matériel –  
Exigences générales (CEI 60079-0:2007)

EN 60079-14:2009 (VDE 0165, partie 1)  
Atmosphères explosives – Partie 14 : Conception, sélection  
et construction des installations électriques  
(CEI 60079-14:2007)

EN 61241-14:2005 (VDE 0165, partie 2) Matériels  
électriques pour utilisation en présence de poussières  
combustibles – Partie 14 : sélection et installation

Lignes directrices ATEX  
Publiées par : Commission européenne

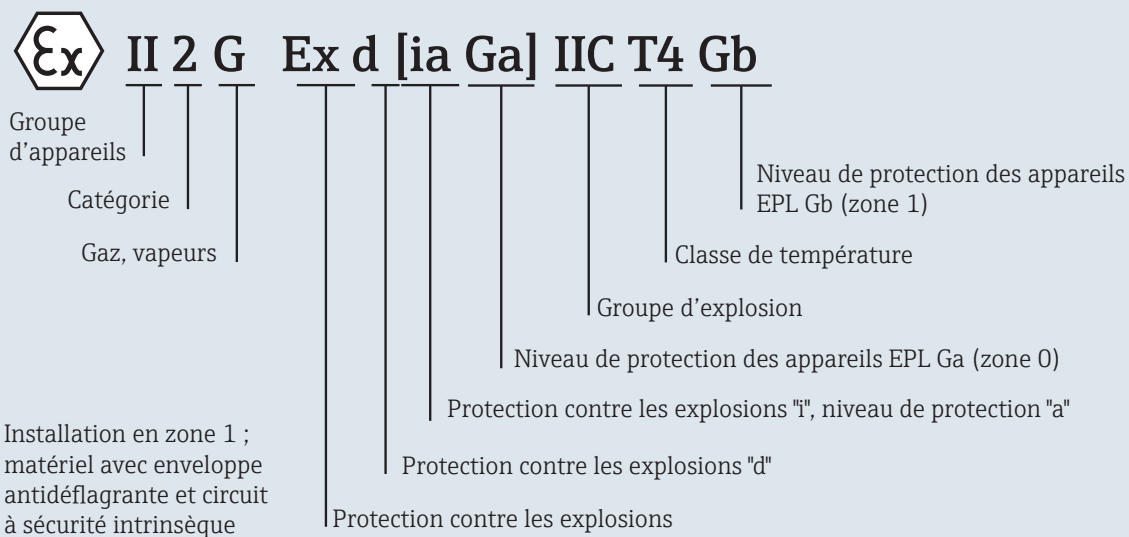
Publication  
Principes de base de la protection contre les explosions  
R. STAHL Schaltgeräte GmbH, Waldenburg

Publication  
Systèmes d'automatisation  
Principes de base de la protection contre les explosions  
Siemens

Publication  
Protection contre les explosions selon ATEX  
Principes généraux et terminologie  
Endress+Hauser

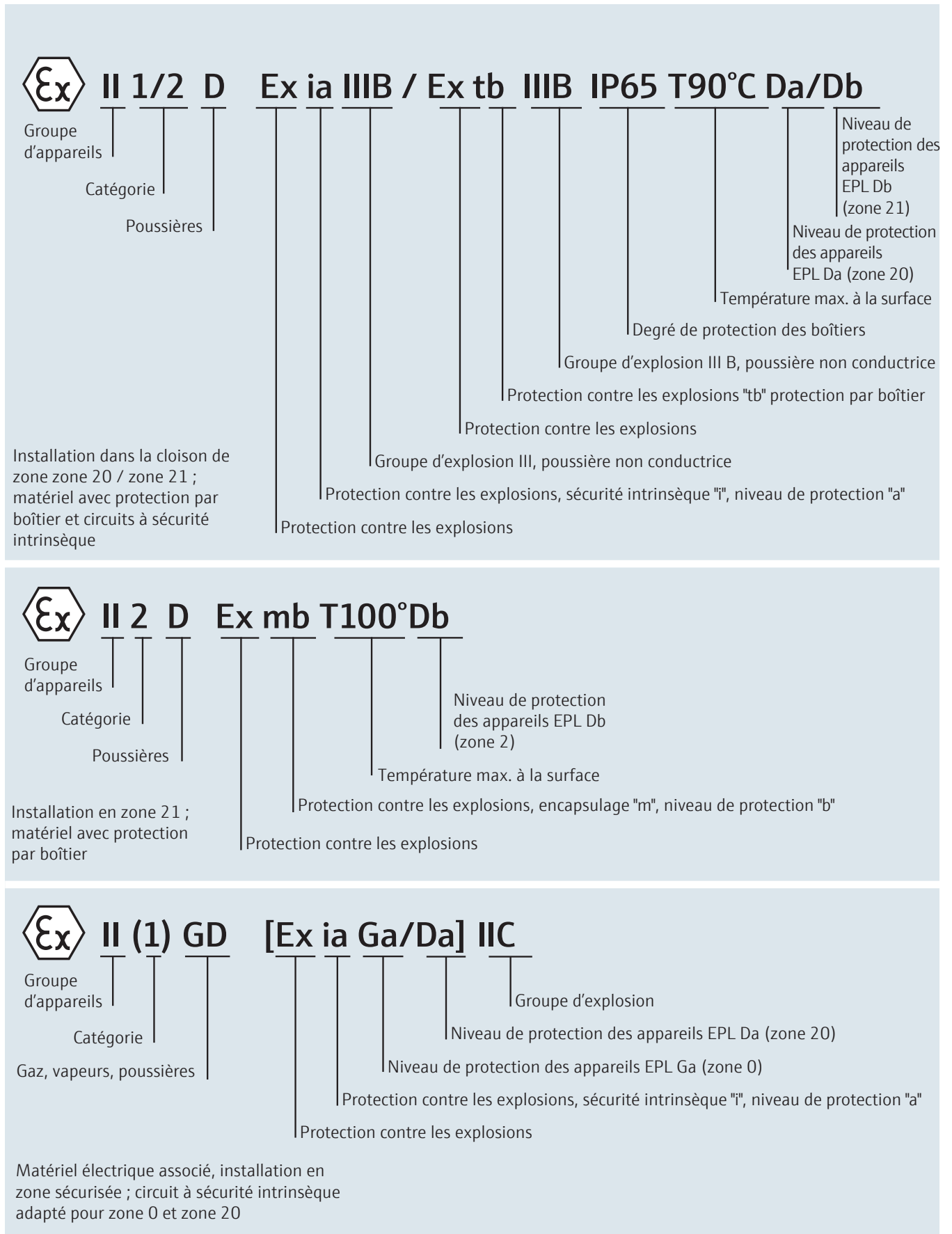
Publication  
Principes de base de la protection contre les explosions  
Bartec, Bad Mergentheim

Norme CEI  
Atmosphère explosive  
[www.iec.com](http://www.iec.com)





## Exemples de marquage (poussière)



## Protection contre les explosions – Terminologie

**Atmosphère explosive** Mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

**Atmosphère explosible** Atmosphère susceptible de devenir explosive par suite des conditions locales et opérationnelles.

**Emplacements dangereux (zones)** Emplacement où une atmosphère explosive peut se présenter en quantités telles que des précautions spéciales sont nécessaires en vue de protéger la sécurité et la santé des travailleurs concernés. Les emplacements dangereux sont classés en zones en Europe et par la CEI et en divisions en Amérique du Nord.

**Circuit à sécurité intrinsèque** Circuit dans lequel les étincelles ou les effets thermiques ne peuvent provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosible déterminée.

**Matériel électrique** Ensemble des composants, circuits électriques ou parties de circuits électriques généralement contenus dans un seul boîtier.

**Matériels électriques à sécurité intrinsèque** Matériels dans lesquels l'ensemble des circuits sont exécutés en version à sécurité intrinsèque.

**Matériels associés** Matériels électriques qui ne contiennent pas uniquement des circuits à sécurité intrinsèque, et qui sont conçus de manière à ce que les circuits qui ne sont pas à sécurité intrinsèque ne puissent pas perturber les circuits à sécurité intrinsèque.

Remarque :

Ces caractéristiques se distinguent dans le marquage par la présence de crochets et de parenthèses. Les matériels associés doivent être installés hors de l'atmosphère explosible s'ils ne correspondent pas à un autre mode de protection adapté contre les explosions.



**Matériels électriques simples** Matériels électriques ou combinaisons de composants de conception simple et avec des paramètres électriques définis précisément qui ne perturbent pas la sécurité intrinsèque du circuit dans lequel ils doivent être utilisés.





**France**

Endress+Hauser SAS  
3 rue du Rhin, BP 150  
68331 Huningue Cedex  
info@fr.endress.com  
www.fr.endress.com

 **0 825 888 001**  
 **0 825 888 009**

0,15 € TTC / MN

Agence Paris-Nord  
94472 Boissy St Léger Cedex

Agence Ouest  
33700 Mérignac

Agence Est  
Case 91, 69673 Bron Cedex

Agence Export  
Endress+Hauser SAS  
3 rue du Rhin, BP 150  
68331 Huningue Cedex  
Tél. (33) 3 89 69 67 38  
Fax (33) 3 89 69 55 10  
info@fr.endress.com  
www.fr.endress.com

**Canada**

Endress+Hauser  
6800 Côte de Liesse  
Suite 100  
H4T 2A7  
St Laurent, Québec  
Tél. (514) 733-0254  
Téléfax (514) 733-2924

Endress+Hauser  
1075 Sutton Drive  
Burlington, Ontario  
Tél. (905) 681-9292  
Téléfax (905) 681-9444

**Belgique  
Luxembourg**

Endress+Hauser SA  
13 rue Carli  
B-1140 Bruxelles  
Tél. (02) 248 06 00  
Téléfax (02) 248 05 53

**Suisse**

Endress+Hauser Metso AG  
Kägenstrasse 2  
Postfach  
CH-4153 Reinach  
Tél. (061) 715 75 75  
Téléfax (061) 715 27 75

CP00021Z/14/FR/13.13