

Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex)

Guide méthodologique

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications édités par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2020.

Édition : Jérôme Lemarié (INRS)

Conception graphique (couverture) : Julie&Gilles

Conception graphique (pages intérieures) et mise en pages :

Valérie Latchague-Causse

Démarche de prévention
Risques

ED 945 |
décembre 2020

Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex)

Guide méthodologique

Brochure INRS élaborée par A. Mardirossian, F. Marc, B. Sallé (INRS), avec la participation d'A. Guilleux (INRS), A. Janès (Cramif), P. Lesné (Carsat Normandie), G. Mauguen (Carsat Bretagne), L. Hardy (Carsat Midi-Pyrénées), S. Evanno (Ineris), T. Houeix (Ineris) et J. Chaineaux



Sommaire

Contexte réglementaire	4
Démarche méthodologique	7
1. Organisation de la démarche	8
2. Analyse fonctionnelle	9
2.1 Identifier les atmosphères explosives potentielles	9
2.2 Identifier les sources d'inflammation potentielles	12
3. Détermination des zones à risque – Zonage initial	14
3.1. Pour les gaz et vapeurs	14
3.2. Pour les poussières	14
3.3. Cas particulier de la maintenance	15
4. Mesures de prévention et de protection	16
4.1 Éviter la formation d'une Atex	16
4.2 Supprimer les sources d'inflammation	16
4.3 Limiter les effets d'une explosion d'Atex	18
4.4 Mesures organisationnelles, formation, information	19
5. Détermination des zones à risque après prise en compte des mesures en place – Zonage final	21
6. Amélioration des mesures de prévention et de protection	22
7. Rédaction du document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE)	23
Bibliographie	24
Annexes	25
1. Éléments de choix des appareils fonctionnant en zone à risque d'explosion et des équipements de protection	26
2. Exemple de tableau d'aide à l'évaluation du risque d'explosion	38
3. Exemples d'application de la réglementation sur les atmosphères explosives	40
A. Filtre à manches	40
B. Réservoir de stockage de liquide inflammable	48
C. Introduction d'un produit pulvérulent combustible dans un mélangeur contenant un solvant inflammable	54





Contexte réglementaire

L'Union européenne a adopté deux directives relatives aux atmosphères explosives (dites directives Atex). Ces deux textes renforcent la protection contre les explosions en rendant obligatoires différentes mesures techniques et organisationnelles.

Au sens de ces directives, les explosions accidentelles peuvent avoir pour origine des substances combustibles sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières.

La directive 1999/92/CE¹ concerne les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques associés aux atmosphères explosives. Cette directive a été transposée en droit français par deux décrets modifiant le Code du travail. Ces dispositions sont actuellement codifiées aux articles R. 4216-31 et R. 4227-42 à R. 4227-54.

Deux arrêtés du 8 juillet 2003² complètent ces articles en transposant les annexes de la directive. Ces arrêtés concernent en particulier :

- la définition des emplacements où des atmosphères explosives peuvent se former ;
- les prescriptions visant à améliorer la santé et la sécurité des travailleurs exposés aux risques d'explosion ;
- les critères de sélection des appareils et des systèmes de protection utilisés dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter ;
- le panneau de signalisation des emplacements dangereux.

Par ailleurs, pris pour l'application des dispositions de l'article R. 4227-50³, l'arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des appareils électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter est commenté par la circulaire DRT 2003-11 du 6 août 2003.

La directive 2014/34/UE⁴, dont l'ensemble des dispositions est entré en vigueur le 20 avril 2016, concerne les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

Le terme appareils englobe les machines, les matériels, les dispositifs fixes ou mobiles, les organes de commande, l'instrumentation et les systèmes de détection et de prévention qui, seuls ou combinés, sont destinés à la production, au transport, au stockage, à la mesure, à la régulation, à la conversion d'énergie ou à la transformation de matériau et qui, par les sources potentielles d'inflammation qui leur sont propres, risquent de provoquer le déclenchement d'une explosion.

Les systèmes de protection sont les dispositifs, autres que les composants des appareils, dont la fonction est d'arrêter immédiatement les explosions naissantes ou de limiter la zone affectée par une explosion et qui sont mis à disposition séparément sur le marché comme systèmes à fonction autonome.

La directive prévoit notamment des obligations pour les fabricants et donne les exigences essentielles auxquelles doivent satisfaire les appareils et les systèmes de protection ainsi que les procédures d'évaluation de conformité. Elle a été transposée en droit français par un décret créant notamment au sein du Code de l'environnement les articles R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9.

1. Directive 1999/92/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 1999 modifiée, 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.

2. Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive et arrêté du 8 juillet 2003 complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.

3. Ancien article R. 232-12-28 I et II.

4. Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (refonte), qui abroge la directive 94/9/CE relative aux appareils Atex.

Enfin, la circulaire n°3 du 9 mai 1985 relative au commentaire technique de décrets concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail, précise notamment que :

– lorsque [des substances susceptibles de former un mélange explosif] sont des gaz ou des vapeurs inflammables, leur concentration doit être maintenue à la plus faible valeur possible et rester inférieure à 25 % de la limite inférieure d'explosivité

(LIE) dans l'ensemble de l'installation [...] et à 10 % de cette limite si des personnes travaillent dans cette atmosphère ;

– lorsque ces substances sont des poussières inflammables, il faut éviter la formation de nuages de poussières et, notamment, supprimer par des nettoyages fréquents tout dépôt de poussières susceptibles de se soulever et utiliser des conduits d'extraction aussi courts que possible.

» Définition des zones Atex

Zones définies par la réglementation		
Atmosphère explosive	Zone gaz / vapeurs	Zone poussières
Permanente, en fonctionnement normal	0	20
Occasionnelle, en fonctionnement normal	1	21
Accidentelle, en cas de dysfonctionnement	2	22

Zone 0 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 2 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins.

Zone 20 : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 21 : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 22 : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins.

NB : Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme des sources susceptibles de former une atmosphère explosive.



» Réglementation machines et réglementation appareils Atex

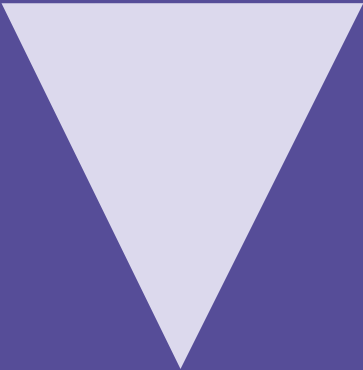
Afin d'assurer la mise sur le marché des équipements de travail sans compromettre la sécurité et la santé des personnes, le responsable de la mise sur le marché d'une machine a l'obligation de respecter les exigences essentielles de santé et de sécurité énumérées dans la directive européenne dite « Machines » 2006/42/CE, transposées en France en règles techniques de conception à l'annexe 1 de l'article R.4312-1 du Code du travail.

En particulier, le risque d'explosion est mentionné au point 1.5.7 de cette annexe : « *La machine est conçue et construite de manière à éviter tout risque d'explosion provoqué par la machine elle-même ou par les gaz, liquides, poussières, vapeurs et autres substances produites ou utilisées par la machine. La machine doit être conforme aux dispositions issues de la transposition des directives communautaires particulières, en ce qui concerne les risques d'explosion dus à son utilisation dans une atmosphère explosible.* »

Ainsi, une machine ne doit être conforme à la directive particulière 2014/34/UE concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (appareils Atex) que si elle fonctionne dans une atmosphère explosive (environnement extérieur à la machine).

Par ailleurs, il est recommandé que, lorsqu'une atmosphère explosive est identifiée à l'intérieur d'une machine, les appareils pouvant s'y trouver soient conformes à la directive 2014/34/UE.

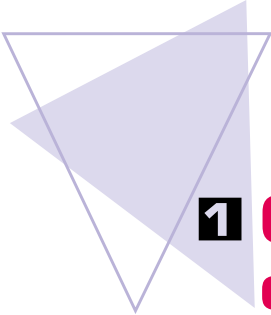




» Démarche méthodologique

La principale manifestation d'une explosion d'Atex est l'augmentation brutale de la pression qui provoque un effet de souffle, toujours accompagné de flammes. Cette surpression brutale a des effets dévastateurs, aussi bien sur l'homme (rupture du tympan, lésions graves aux oreilles ou aux poumons, décès) que sur les installations. De plus, les effets d'une explosion se combinent toujours avec un dégagement de chaleur important, et la zone de flammes peut envahir un volume dix fois supérieur à celui de l'atmosphère explosive initiale. Notons que ce volume est encore plus important lorsqu'un dépôt de poussières combustibles est présent. En effet, ce dépôt est mis en suspension par l'explosion, forme une Atex qui s'enflamme et participe à la propagation de l'explosion voire à une explosion secondaire, augmentant significativement les conséquences du phénomène.

Ce guide ne traite que des risques d'explosion relatifs aux atmosphères explosives générées par les poussières et les gaz (hors aérosols liquides et brouillards qui nécessitent des approches spécifiques).



1 Organisation de la démarche

La prise en compte du risque associé aux Atex s'inscrit dans la démarche globale de prévention des risques. L'implication de l'entreprise et son engagement à mettre à disposition les moyens et le personnel nécessaires sont essentiels à la réussite de la démarche. Pour ce faire, il conviendra :

- d'associer les instances représentatives du personnel (CSE, CSSCT...) ;
- de définir et recenser les compétences en interne ;
- de désigner, pour les entreprises de taille importante, le référent Atex qui va s'entourer des compétences internes et externes, organiser et faire fonctionner le groupe de travail et de réflexion ;
- de planifier les différentes étapes de la démarche retenue ;
- de communiquer sur l'action qui va être entreprise ;
- de tenir compte de la mémoire de l'entreprise et de la branche d'activité (retour d'expériences, expériences de situations dangereuses comme les incidents d'exploitation et les phases de démarrage, d'arrêt ou de redémarrage).



En ce qui concerne la prise en compte de l'expérience de l'exploitant, il est essentiel que l'évaluation des risques présentés par l'installation concernée soit effectuée dans les conditions suivantes :

- elle doit être faite au cours d'une réunion tenue en présence de toutes les personnes qui ont une bonne connaissance de l'installation, au cours de chacune des phases de son fonctionnement (personnel d'exploitation, personnel de maintenance, responsable sécurité...) ;
- tous les incidents ou accidents (même les plus minimes) doivent être exploités ; en particulier, toutes les situations au cours desquelles la formation d'une atmosphère explosive a pu être repérée ou est soupçonnée doivent être examinées (sans oublier leurs circonstances et les conséquences qu'elles ont entraînées, qu'il s'agisse de situations de fonctionnement normal ou de dysfonctionnement et qu'il se soit produit une inflammation ou non).

2 Analyse fonctionnelle

2.1 Identifier les atmosphères explosives potentielles

2.1.1 Généralités sur l'explosion d'Atex

Une explosion d'Atex est une réaction rapide d'oxydation (combustion) d'un produit combustible entraînant une élévation de température et de pression. Il ne peut y avoir explosion que sous certaines conditions (voir Figure n°1), après formation d'une atmosphère explosive, résultant d'un mélange de substances combustibles (sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières) avec l'air dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise son inflammation et la propagation de la combustion au mélange non brûlé.

Six conditions sont à réunir simultanément pour qu'une explosion ait lieu :

- présence d'un combustible ;
- présence d'un comburant (en général l'oxygène de l'air qui en contient environ 21 %) ;
- présence d'une source d'inflammation ;
- état particulier du combustible, qui doit être pré-mélangé à l'air sous forme gazeuse, de brouillard ou de poussières en suspension ;
- atteinte du domaine d'explosivité (domaine de concentrations du combustible dans l'air à l'intérieur duquel les explosions sont possibles) ;
- condition non indispensable mais aggravante : confinement suffisant (en absence de confinement, on observe un phénomène de combustion rapide avec d'importantes flammes type boule de feu mais, généralement, sans effet de pression notable).

2.1.2 Faire l'inventaire des produits et de leurs caractéristiques d'inflammabilité

- Établir la liste des produits combustibles ;
- Étudier leur état :
 - liquide,
 - gazeux,
 - pulvérulent ;
- Connaître leurs caractéristiques physico-chimiques (voir Tableau n°1 et la base de données Caratex, disponible sur : www.inrs.fr).
- Recenser les conditions de stockage :
 - modalités de stockage :
 - dimensions,
 - température et humidité,
 - volume,
 - locaux de stockage ;
- Recenser les quantités utilisées :
 - aux postes de travail ;
 - au cours des manutentions et des transferts.

Figure n°1 : L'hexagone de l'explosion.

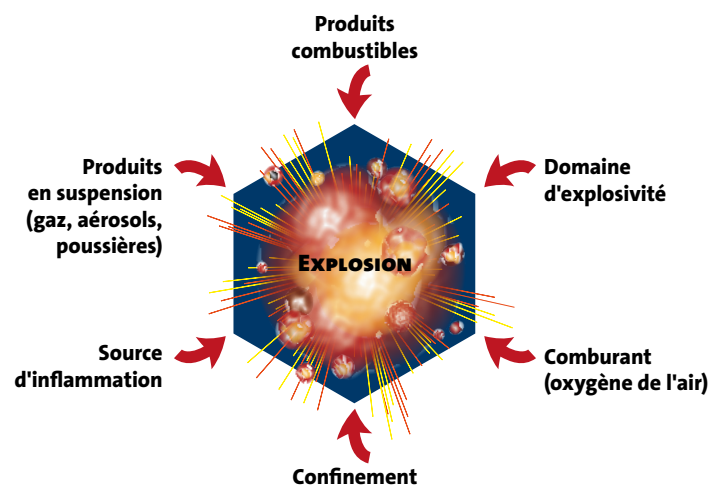
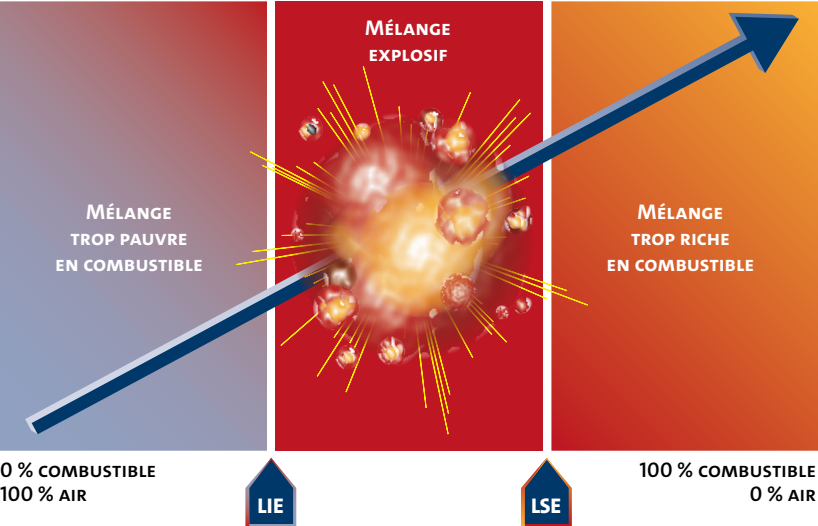


Tableau n°1 : Principales caractéristiques d'explosivité.

Produits liquides et gazeux	Produits solides finement divisés
» Domaine d'explosivité (LIE-LSE)	» Concentration minimale d'explosion (CME) / LIE
» Point d'éclair / Tension de vapeur	» Granulométrie et répartition granulométrique / Densité
» Température d'auto-inflammation (TAI)	» Température minimale d'inflammation (TMI) en couche et en nuage
» Violence d'explosion (P_{max} et K_g)	» Violence d'explosion (P_{max} et K_{st})
» Incompatibilité chimique avec d'autres produits	» Incompatibilité chimique avec d'autres produits
» Énergie minimale d'inflammation (EMI) et groupe de gaz (IIA, IIB, IIC)	» Énergie minimale d'inflammation (EMI) et groupe de poussière (IIIA, IIIB, IIIC)

Figure n°2 : Domaine d'explosivité.



Les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité (LII et LSI) définissent le domaine d'explosivité. Pour cette raison, dans la pratique, elles sont souvent désignées (il en sera ainsi dans ce document) comme les limites inférieure et supérieure d'explosivité (LIE et LSE). Pour les poussières, la LIE est assimilée à la concentration minimale d'explosion (CME). En revanche, la LSE est moins bien définie et rarement mesurée (trop grandes quantités dans l'air, de 1 à 3 kg.m⁻³).

Domaine d'explosivité

Tableau n°2 : Exemples de caractéristiques pour les produits pulvérulents.

Produit pulvérulent		Diamètre médian (en μm)	CME (en g.m ⁻³)	TMI en nuage (en °C)	TMI en couche (en °C)	P_{max} (en bar)	K_{st} (en bar.m.s ⁻¹)
Farine de blé	»	57	60	430	-	8,3	87
Sucre	»	29	60	470	-	8,2	59
Aluminium	»	36	60	590	450	12	750
Bois (poirier)	»	27	100	500	320	9,5	211
Bois (hêtre)	»	61	-	490	310	9	138
Bois (hêtre)	»	170	125	500	320	8,2	48
Bois (makoré + noyer)	»	31	100	510	320	9,8	238

Tableau n°3 : Exemples de caractéristiques pour les produits liquides ou gazeux.

Produit liquide ou gazeux		Température d'ébullition (en °C)	Point d'éclair (en °C)	Pression de vapeur à 20 °C (en KPa)	TAI (en °C)	LIE en % en volume dans l'air	LSE en % en volume dans l'air	Groupe de gaz
Acétate d'éthyle	>>	77	-4	9,3 à 11,3	425	2	11,5	II A
Acétone	>>	56	-20	24,7	465	2,6	13	II A
Méthyléthylcétone	>>	80	-9	10,3	404	1,4 à 93 °C	11,4 à 93 °C	II A
Éthanol	>>	78	12	5,9	363	3,3	19	II B
Éthylglycol	>>	135	43	0,51	235	1,7 à 93 °C	15,6 à 93 °C	II B
Éthylène-glycol	>>	197	111	0,007	398	3,2	28	-
n-Hexane	>>	69	-22	16,2	223	1,2	7,4	II A
Méthanol	>>	64	11	3,8	385	6,7	36	II A
Méthylisobutylcétone	>>	118	16	2,1	448	1,2 à 93 °C	8 à 93 °C	II A
Isopropanol	>>	83	11	4,2	395	2	12	II A
Toluène	>>	111	4	3	480	1,2	7,1	II A

Pour les gaz et vapeurs, les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité (LII et LSI) définissent le domaine d'explosivité (voir Figure n°2). Pour cette raison, elles sont également désignées (il en sera ainsi dans ce document) comme les limites inférieure et supérieure d'explosivité (LIE et LSE). Pour les poussières, la LIE est assimilée à la concentration minimale d'explosion (CME). En revanche, la LSE est moins bien définie et rarement mesurée (trop grandes quantités dans l'air, de 1 à plusieurs kg.m⁻³).

Les tableaux n°2 et 3 fournissent les caractéristiques d'inflammabilité de quelques poussières, liquides et gaz.

Il est à noter que, si pour les produits liquides ou gazeux, les caractéristiques sont bien définies, pour les produits pulvérulents, les valeurs des caractéristiques dépendent de différents paramètres (granulométrie, hygrométrie, représentativité de l'échantillon, conditions de formation de la poussière...).

On trouvera en annexe 1 des éléments complétant les caractéristiques physico-chimiques et permettant de choisir l'appareil à mettre en œuvre dans les zones à risque d'explosion.

>> Conditions minimales de formation d'une Atex

- **Atex formée par un gaz** : la concentration du gaz dans l'air doit être comprise entre la limite inférieure et la limite supérieure d'explosivité.
- **Atex formée par des vapeurs émises par un liquide** : le liquide doit être à une température supérieure à son point d'éclair⁵.
- **Atex formée par des poussières** : la concentration des poussières dans l'air doit être supérieure à la concentration minimale d'explosion (CME ou LIE).

Si la température de surface d'un équipement est supérieure à la température minimale d'inflammation en couche de la poussière, il y a un risque de feu couvant (incendie). Si la couche de poussière est remise en suspension, il y aura alors formation d'une Atex et explosion de celle-ci.

5. Pour en savoir plus sur la formation d'une Atex issue d'un liquide inflammable, consulter l'article « Conditions de formation d'une atmosphère explosive lors de la mise en œuvre d'un liquide inflammable » (ND 2313), sur : www.inrs.fr.

2.1.3 Analyser les procédés de mise en œuvre

Il convient de décrire le fonctionnement normal des installations (situations où les installations sont utilisées conformément à leurs paramètres de conception) en recueillant l'ensemble des données le concernant.

À partir de la description des équipements mis en œuvre, il importe de tenir compte des produits utilisés, des conditions de température, de pression, des réactions exothermiques, des produits de décomposition, des conditions de refroidissement, des systèmes de ventilation...

Des mesures de concentrations de gaz et vapeurs peuvent être utiles pour le repérage des produits émis (détection, explosimétrie...).

Chaque installation de travail (silos, broyeurs, circuits de dépoussiérage, circuits de transfert, réacteurs, mélangeurs, dépotage...) doit faire l'objet d'une étude qui tiendra compte des différentes conditions de fonctionnement (enceinte fermée, système ouvert, régime normal, charge moyenne ou pleine charge...).

2.1.4 Étudier les dysfonctionnements potentiels

On s'attachera à analyser, en particulier, les types de dysfonctionnements raisonnablement envisageables. Ce seront, par exemple, les arrêts ou altérations des performances de systèmes de ventilation ou de refroidissement, les fuites de produits, les pannes prévisibles, les arrêts accidentels d'alimentation en produits, les interruptions du procédé à la suite de la formation de bouchons...

Pour les établir, on pourra également lister les sources de dysfonctionnements liées au facteur humain, telles que :

- procédé théorique de production non respecté en raison de sollicitations externes au fonctionnement de l'installation ou de contraintes (déplacements, tâches annexes plus longues que la tâche principale...);
- consigne non applicable (en cas d'anomalie, par exemple) ou non appliquée ;

- comportement du salarié en cas d'anomalie (le risque est d'autant plus important que le délai de réalisation de l'opération ou de la tâche est court).

Tous ces facteurs peuvent être aggravés par le statut des salariés (salariés intérimaires ne connaissant pas l'entreprise, salariés remplaçants au poste...).

2.2 Identifier les sources d'inflammation potentielles

Les sources d'inflammation sont majoritairement des étincelles, des surfaces chaudes et des flammes nues. Leur origine est diverse :

- équipements et installations électriques (étincelles, échauffement...) : les sources d'inflammation dues aux appareils électriques peuvent être suffisamment énergétiques pour enflammer tout type d'atmosphère explosive formée d'un mélange d'air et de poussières, de gaz ou de vapeurs.

NB : La très basse tension, conçue pour la protection des personnes contre les chocs électriques, ne constitue pas une mesure de protection contre l'explosion. Ainsi, des tensions inférieures à 50 V peuvent produire des énergies suffisantes pour enflammer une atmosphère explosive ;

- électrostatique (décharges par étincelles...) : plusieurs phénomènes électrostatiques peuvent enflammer les atmosphères explosives de gaz, de vapeurs ou de poussières (voir la brochure *Phénomènes électrostatiques. Risques associés et prévention*, INRS, ED 6354) ;
- thermique (surfaces chaudes, flammes nues, travaux par points chauds, cigarettes...) : une flamme nue constitue une source d'inflammation suffisamment énergétique pour enflammer toute atmosphère explosive. En ce qui concerne les surfaces chaudes, la température de la surface doit être comparée à la température minimale d'inflammation en couche et en nuage des poussières ou à la température d'auto-inflammation des gaz et vapeurs ;
- mécanique (étincelles, échauffement...) : les étincelles d'origine mécanique résultent des processus de friction, de choc et d'abrasion et peuvent enflammer tout type d'atmosphère explosive. Il s'agit, par

exemple, de sources d'inflammation susceptibles de se présenter lors de travaux (meulage) ou résultant du fonctionnement normal ou de dysfonctionnements d'équipements mécaniques (frottement, étincelles d'impact) ;

- chimique (réactions exothermiques, auto-échauffement...) : les feux couvant résultant de l'accumulation de poussières sur des surfaces chaudes ou l'auto-échauffement de stockages de grands volumes sont fréquemment impliqués dans des départs de feu et peuvent être la cause d'inflammation d'Atex (notamment des Atex formées par l'auto-échauffement de la matière organique) ;
- bactériologique : la fermentation bactérienne peut échauffer le milieu jusqu'à 70°C environ et le placer dans des conditions d'amorçage d'un auto-échauffement ;
- climatique (foudre, soleil...) : si un impact de foudre se produit dans une atmosphère explosive, l'inflammation va se produire. De plus, il peut constituer une source d'inflammation à distance par effet indirect en induisant des surtensions ou des échauffements dans les équipements ;
- autres : rayonnements ionisants, ondes électromagnétiques...

Deux documents sont utiles pour identifier les sources d'inflammation potentielles : la norme NF EN 1127-1 « Atmosphères explosives. Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion. Partie 1 : Notions fondamentales et méthodologie » et la brochure *Élimination des sources d'inflammation dans les zones à risque d'explosion* (INRS, ED 6183, consultable sur : www.inrs.fr).

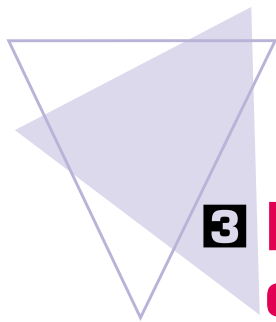
L'ensemble des appareils électriques et non électriques est à prendre en compte pour l'identification des sources d'inflammation :

- appareils électriques et électroniques ;
- appareils mécaniques ;
- appareils pneumatiques ;
- appareils hydrauliques ;
- appareils thermiques...

Ces appareils doivent être conformes aux exigences de la directive 2014/34/UE, à savoir être certifiés Atex d'une catégorie adaptée à la zone où ils sont employés et adaptés au produit générant l'Atex.

Les informations concernant les appareils Atex et la liste des paramètres de choix de ces appareils fonctionnant en atmosphère explosive figurent à l'annexe 1.





3 Détermination des zones à risque – Zonage initial

Les emplacements dangereux sont classés en zones à risque de formation d'Atex, en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une atmosphère explosive (voir définition des zones Atex p. 5). Certaines approches tiennent compte soit de la durée de présence de l'atmosphère explosive par unité de temps, soit de leur volume réduit pour établir le zonage. Ces critères ne sont pas retenus dans la méthode présentée ici car il suffit que l'atmosphère apparaisse sur une très courte durée ou qu'elle soit de très petit volume pour que le risque se concrétise. Il ne faut donc pas écarter de manière systématique ces zones Atex de la démarche.

3.1 Pour les gaz et vapeurs

En général, une **zone 0** est présente à l'intérieur des réservoirs, des canalisations, des récipients... contenant des gaz inflammables ou des liquides combustibles/inflammables en fonction des conditions de leur mise en œuvre.

Une **zone 1** peut inclure, entre autres :

- la proximité immédiate de la zone 0 ;
- la proximité immédiate des ouvertures d'alimentation, évents, vannes de prise d'échantillons ou de purge, ouvertures de remplissage et de vidange ;
- des points bas des installations (fosses de rétention, caniveaux...).

Une **zone 2** peut inclure, entre autres, les emplacements entourant les zones 0 et 1, les brides, les connexions, les vannes et raccords de tuyauterie, cuvettes de rétention ainsi que la proximité immédiate des tubes de niveau en verre, des

appareils en matériaux fragiles ou tout appareil ou élément susceptible de fuir. Il est important de noter qu'une fuite récurrente (qui est donc à considérer comme un fonctionnement normal) devra induire un classement en zone 1 ou 0.

3.2 Pour les poussières

En général, une **zone 20** est présente à l'intérieur des dépoussiéreurs, des silos, des collecteurs de poussières...

Une **zone 21** peut inclure, entre autres, des emplacements à proximité immédiate d'une zone 0 ou, par exemple, au niveau des points de remplissage ou de vidange de pulvérulents.

Une **zone 22** peut inclure, entre autres, des emplacements au voisinage d'appareils, systèmes de protection et composants contenant de la poussière, à partir desquels de la poussière peut s'échapper à la suite de fuites et former une Atex (par exemple, les ateliers de broyage dans lesquels la poussière peut s'échapper des broyeurs). Ce type de zone concerne également les emplacements où des couches de poussières apparaissent et sont susceptibles, en cas de remise en suspension, de conduire à la formation d'une Atex.

Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme une source susceptible de former une atmosphère explosive.

En particulier, dès lors que la présence d'un dépôt de poussières est observée sur le sol ou les surfaces, l'identification d'une **zone 22** doit être envisagée si aucune mesure efficace ne permet d'éviter la formation de ce dépôt ou de l'éliminer.

3.3 Cas particulier de la maintenance

Les opérations d'entretien et de maintenance ou encore les travaux par point chaud doivent faire l'objet d'une analyse des risques spécifique et de documents particuliers (bon d'intervention, permis de feu, plan de prévention pour les entreprises extérieures...). **À la suite de cette analyse, il peut être judicieux de prévoir un zonage particulier pour ces opérations.** En effet, elles peuvent se dérouler à proximité ou dans une zone Atex ou encore en générer une.

Lors de ces opérations, les conditions ne sont pas celles présentes en fonctionnement normal : elles peuvent être dégradées. Il est donc primordial d'identifier les risques lors de ces travaux, de supprimer les zones Atex présentes (par exemple, par la consignation de tout ou partie de l'installation, voir la brochure *Consignations et déconsignations*, INRS, ED 6109) et d'identifier les zones restantes ou créées par un zonage spécifique.

Pour des opérations récurrentes d'entretien ou de maintenance, il est nécessaire de tenir compte de ces Atex temporaires dans le fonctionnement normal de l'installation et de les faire figurer dans son zonage.

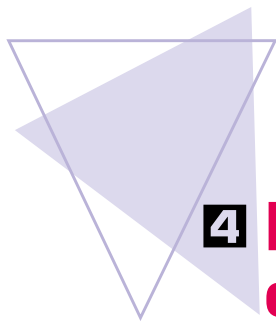
Les documents suivants constituent une aide à la détermination des zones :

- la norme NF EN 60079-10-1 : Atmosphères explosives - Partie 10-1 : Classement des emplacements - Atmosphères explosives gazeuses ;
- la norme NF EN 60079-10-2 : Atmosphères explosives - Partie 10-2 : Classement des emplacements - Atmosphères explosives poussiéreuses ;
- les brochures INRS telles que *Incendie et explosion dans l'industrie du bois* (ED 6021), *Charge des batteries d'accumulateurs au plomb. Prévention du risque explosion* (ED 6120) et *Méthanisation de déchets issus de l'élevage, de l'agriculture et de l'agroalimentaire. Risques et prescriptions de sécurité* (ED 6153).

Les fédérations professionnelles proposent également des documents qui peuvent être utiles.

Après avoir réalisé le zonage initial, la mise en place de mesures de prévention, techniques et organisationnelles, sous réserve de leur pertinence vis-à-vis de l'évaluation des risques, de leur vérification et de leur pérennité, va permettre de retenir un zonage final éventuellement moins contraignant (voir chapitre 5, p. 21).





4 Mesures de prévention et de protection

Il y a lieu de faire l'inventaire des mesures existantes, puis d'adopter les mesures de prévention complémentaires à mettre en œuvre.

La suppression du risque d'explosion doit être recherchée en limitant l'occurrence et le volume d'une atmosphère explosive et en agissant sur les sources d'inflammation. A défaut de pouvoir garantir une suppression du risque, des mesures de protection contre les effets des explosions sont à mettre en œuvre. Cette démarche s'accompagnera de mesures organisationnelles et de formation du personnel.

L'employeur doit également estimer les conséquences potentielles d'une explosion. Cette estimation sera fondée sur des critères objectifs propres à l'entreprise (probabilité d'occurrence, gravité redoutée, fréquence d'exposition du personnel, nombre de personnes potentiellement concernées...) permettant de débattre des priorités et d'aider à la planification des actions de prévention.

4.1 Éviter la formation d'une Atex

Parmi les différentes mesures que l'on peut adopter, des actions peuvent être retenues concernant :

- le ou les combustibles :
 - remplacer le produit combustible par un autre incombustible ou moins combustible ;
 - utiliser un liquide combustible à une température d'au moins 15 degrés inférieure à son point d'éclair ;
 - modifier la granulométrie (augmenter le diamètre moyen des particules en passant, par exemple, de la poudre à des granulés) tout en notant que les phénomènes d'abrasion lors de la manutention des granulés génèrent toujours des poussières fines susceptibles de former une

Atex (cette mesure de prévention permet donc de réduire le risque mais ne le supprime pas) ;

– ajouter des solides inertes à des poussières combustibles ;

– maintenir la concentration du combustible hors de son domaine d'explosivité (de préférence en dessous de la LIE/CME) par :

- captage des vapeurs ou des poussières par aspiration au plus près de leur source d'émission,
- dilution à l'air,
- nettoyage fréquent des dépôts de poussières par aspiration,
- contrôle des concentrations en combustible par la mise en place d'un dispositif de détection et de surveillance vérifié et calibré régulièrement...
- le comburant : mise à l'état inerte. L'introduction d'un gaz d'inertage (par exemple, l'azote, sauf pour les poussières métalliques) en proportion suffisante dans une atmosphère chargée de substance combustible entraîne son appauvrissement en oxygène et rend donc l'inflammation impossible.

Attention toutefois au risque d'hypoxie (défaut d'apport d'oxygène aux différents tissus de l'organisme) et de malaise consécutifs en cas de pénétration d'un salarié dans la zone concernée ou en cas de fuite du gaz d'inertage dans les locaux de travail ou de stockage.

4.2 Supprimer les sources d'inflammation

Cette action de prévention s'attachera, en premier lieu, à mettre hors zone Atex le plus d'appareils possible, puis elle visera à éliminer les flammes et feux nus, les surfaces chaudes, les étincelles d'origines mécanique, électrique ou électrostatique, les

échauffements dus aux frottements mécaniques, aux appareils électriques ou aux moteurs thermiques...

Différentes mesures peuvent être mises en œuvre, telles que des :

- actions sur le procédé :
 - refroidissement (d'une réaction chimique, d'un échauffement dû à la compression des gaz...) ;
 - captage d'éléments métalliques (par un séparateur magnétique) ou d'éléments de taille importante (par un séparateur gravitaire type boîte à cales) pouvant générer une source d'inflammation ;
- contrôles :
 - détecteurs d'élévation de température, de pression... ;
 - thermographie à infrarouge ;
 - détecteur CO (monoxyde de carbone, dont la présence indique une réaction de combustion) ;
 - systèmes de contrôles de la vitesse de défilement ou de déport des bandes transporteuses, de bourrage, de rotation... ;
- procédures :
 - mode opératoire d'exécution ;
 - plan de prévention pour les interventions d'entreprises extérieures ;
 - permis de feu pour les travaux par points chauds (voir brochure *Le permis de feu. Démarche et document support*. INRS, ED 6030) ;
 - autorisation de travail validée par une personne compétente désignée par l'employeur ;
 - port de vêtements de travail et d'équipements de protection individuelle appropriés faits de matériaux dissipateurs (voir les articles « Vête-

ments de travail et équipements de protection individuelle. Propriétés antistatiques et critères d'acceptabilité en zone Atex » (INRS, ND 2358) et « EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion » (INRS, NT 33)) ;

- organisation du nettoyage ;
- formation des intervenants avec vérification de la connaissance du balisage... ;
- actions sur les appareils (voir Annexe 1) :
 - adéquation des appareils à la zone Atex (voir Tableau n°4) ;
 - utilisation d'outillage anti-étincelant ;
 - mise en place de liaisons équipotentielle et mise à la terre des installations pour favoriser l'écoulement des charges électrostatiques et éviter leur accumulation.

Les appareils électriques et non électriques doivent être conformes à la réglementation relative à la conception des appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive (voir partie Contexte réglementaire, p. 4).

Les catégories des appareils acquis depuis le 1^{er} juillet 2003 et adaptés selon les cas, soit aux gaz, vapeurs ou brouillards, soit aux poussières, sont choisies comme indiqué dans le tableau n°4. Pour tout appareil existant avant le 1^{er} juillet 2003, une évaluation spécifique sous la responsabilité de l'employeur utilisateur de l'appareil, a dû permettre de vérifier son adéquation avec la zone à risque d'explosion dans laquelle il se trouve.

Tableau n°4 : Adéquation et marquage des appareils Atex.

Risque	Groupe *	Adéquation zone ◀ ▶ Appareil marqué	Marquage **
Permanent >>	II	Zone 0 → Catégorie 1 Zone 20 → Catégorie 1	CE Ⓜ II 1 G CE Ⓜ II 1 D
Occasionnel >>	II	Zone 1 → Catégorie 2 (ou 1) Zone 21 → Catégorie 2 (ou 1)	CE Ⓜ II 2 G (ou 1 G) CE Ⓜ II 2 D (ou 1 D)
Potentiel >>	II	Zone 2 → Catégorie 3 (ou 2 ou 1) Zone 22 → Catégorie 3 (ou 2 ou 1)	CE Ⓜ II 3 G (ou 2 G ou 1 G) CE Ⓜ II 3 D (ou 2 D ou 1 D)

* groupe II = industries de surface – groupe I = mines et industries extractives (non évoqué dans le document)

** G pour gaz / vapeurs, D pour poussières

» Les interventions de maintenance

L'exploitation d'une installation implique inévitablement des interventions de maintenance (vérifications, entretien, dépannages, réparations) qui nécessitent souvent l'utilisation d'appareils non adaptés à la zone considérée. Suivant l'ampleur et la durée de ces interventions, des procédures spéciales et rigoureuses doivent être mises en place : permis (ou autorisation) de travail, de feu, de pénétrer, de dégazage, de fouilles...

Ces procédures préalables doivent avoir pour effet de rendre non dangereuses les zones d'intervention. Par exemple, lors de l'arrêt programmé pour travaux d'entretien, et si cela s'avère nécessaire, l'installation doit être vidangée, dégazée, lavée... Un contrôle en continu de l'atmosphère interne est nécessaire afin d'être informé de l'apparition d'une nouvelle atmosphère explosive (par exemple, par un relargage de vapeurs par les matériaux constitutifs d'une capacité). Les parties de l'installation qui ne peuvent faire l'objet de ces mesures, doivent être isolées. Toute intervention doit se faire sur une installation consignée (voir la brochure *Consignations et déconsignations*, INRS, ED 6109).

La procédure de permis (ou d'autorisation) de travaux permet de s'assurer que toutes ces opérations préliminaires ont été correctement effectuées, y compris la délimitation matérielle des zones temporaires à risque d'explosion.

4.3 Limiter les effets d'une explosion d'Atex

Les mesures de protection visent à atténuer les effets des explosions, si la formation de l'atmosphère explosive et son inflammation n'ont pu être empêchées. Il conviendra alors d'atténuer les effets néfastes d'une explosion pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs.

Les actions à entreprendre seront spécifiques à chaque cas. Figure ci-après une liste indicative de mesures à envisager :

- mise en place de systèmes de protection :
 - événements d'explosion (actions sur le confinement) ;
 - extincteurs déclenchés (en tant que suppressions d'explosion) ;
 - appareils résistants à la suppression d'explosion ;
 - systèmes de découplage technique (système qui empêche une explosion de se propager au reste de l'installation via des liaisons, canalisations...) : arrête-flammes, écluses rotatives, vannes à fermeture rapide (guillotine, manchon, Ventex®...), extincteurs déclenchés (en tant que barrière extinctrice), déviateur d'explosion (cheminée de dégagement...) ;
- actions sur la configuration des locaux :
 - compartimentage ;
 - résistance des matériaux (toiture en matériaux fragiles...) ;
 - conception et construction des locaux, en choisissant des matériaux adaptés et résistants au feu, où la présence du personnel est permanente ou groupée (salle de contrôle, sanitaires...) de façon à ce que le personnel ne soit pas atteint par la chute d'éléments de structure (éloignement...) et que les locaux résistent à l'effondrement éventuel du reste de l'édifice.

Les moyens techniques mis en œuvre pour satisfaire à ces objectifs, tels les événements ou les systèmes de découplage technique, sont des systèmes de protection au titre de la directive appareils Atex 2014/34/UE et doivent donc être certifiés conformes à celle-ci et posséder le marquage correspondant (voir Annexe 1).

4.4 Mesures organisationnelles, formation, information

4.4.1 Signalisation et signalétique

Les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se former sont signalés au niveau de leurs accès par le panneau d'avertissement suivant (voir arrêté du 8 juillet 2003) :



4.4.2 Formation du personnel

La formation à la prévention des risques d'explosion d'Atex est un élément indispensable de la démarche. Différents acteurs sont concernés suivant les cas (voir encart ci-dessous). Il est essentiel que l'ensemble des personnes soit sensibilisé ou formé par une personne compétente (privilégier les formations en interne, mieux adaptées à la réalité de l'entreprise) quel que soit leur statut (nouvel embauché, intérimaires, CDD, CDI, prestataire extérieur...). En parallèle de ce processus de formation, il est nécessaire que les consignes de sécurité de l'établissement soient établies en prenant en compte la présence des zones Atex (voir la brochure *Consignes de sécurité incendie. Conception et plans associés (évacuation et intervention)*, INRS, ED 6230).

Elles doivent être communiquées à l'ensemble du personnel y compris aux personnes pouvant occasionnellement se trouver dans ou à proximité d'une zone Atex (par exemple, le personnel administratif) ainsi qu'aux visiteurs.

» La formation à la prévention des Atex : une étape indispensable

La formation à la prévention des risques d'explosion d'Atex de l'ensemble du personnel exposé est une obligation du Code du travail.

Différents cas sont à distinguer et les formations doivent être adaptées aux publics et aux spécificités de l'entreprise (dans l'ordre des cas proposés, les formations sont de plus en plus complètes concernant les phénomènes et les moyens de prévention/protection) :

- le **personnel travaillant en zone Atex ou à proximité** doit recevoir une formation minimale lui permettant de comprendre le phénomène d'explosion d'Atex, les conditions de sa formation, ses composantes, comment le prévenir et comment s'en protéger ;
- le **personnel encadrant ou décisionnaire** (notamment celui chargé des achats de produits ou de matériel) doit recevoir une formation spécifique pour comprendre les enjeux de la prévention des risques Atex et les conséquences de certains choix dans la sélection de produits ou de matériels ;
- le **personnel intervenant sur tout appareil Atex** (notamment pour la maintenance, même si les opérations ne se déroulent pas en zone Atex) doit impérativement suivre une formation adaptée lui permettant de comprendre les modes de protection des appareils électriques et non électriques et comment ne pas les dégrader lors des interventions d'entretien et de maintenance ;
- la **personne « référente » en prévention des Atex** (notamment en charge de réaliser l'évaluation du risque Atex) doit suivre une formation complète et conséquente sur le domaine afin d'en appréhender toutes les facettes, notamment les interactions avec les autres domaines (risques chimiques...).

4.4.3 Formalisation des interventions faites en interne ou par une entreprise extérieure

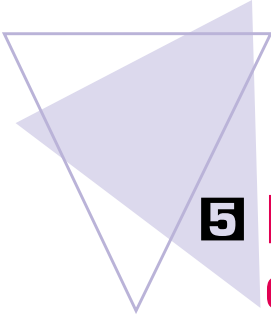
Dans le cadre de la prévention des risques, il est essentiel de formaliser les démarches d'interventions faites aussi bien par du personnel interne que par des entreprises extérieures (bon d'intervention, permis de feu...). Pour les interventions d'entreprises extérieures, il est nécessaire d'identifier une personne référente en charge de leur accueil ainsi que de leur formation aux consignes de sécurité. Cette personne constitue leur contact privilégié en cas de difficulté lors de la réalisation de l'opération. Par ailleurs, en amont d'une intervention dans ou à

proximité d'une zone Atex, un plan de prévention est élaboré avec, le cas échéant, la nécessité de rédiger un permis de feu le jour de l'intervention.

4.4.4 Gestion des alarmes

Si la détection de gaz ou vapeurs est mise en place, le choix des seuils d'alarme, du traitement de l'information et des actions à entreprendre est primordial (par exemple, pour les gaz et vapeurs, 10 % de la LIE = arrêt de l'activité et recherche de la cause, et 25 % de la LIE = évacuation immédiate de la zone, voir partie Contexte réglementaire, p. 4).





5 Détermination des zones à risque après prise en compte des mesures en place - Zonage final

Les mesures techniques et organisationnelles retenues pour éviter la formation d'une atmosphère explosive, la supprimer ou limiter son volume permettent de modifier le classement ou l'étendue du zonage initial. Si des dispositions empêchent la formation d'une atmosphère explosive dans un emplacement (inertage d'une capacité, température d'un liquide inflammable maintenue suffisamment basse...) ou réduisent son volume (ventilation contrôlée d'un lieu de travail, captage à la source d'émission, nettoyage régulier par aspiration...), il est nécessaire d'en tenir compte.

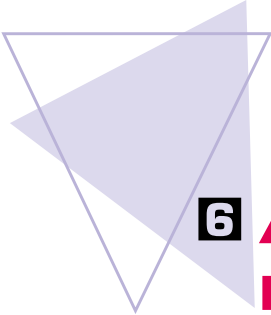
Si les mesures techniques et organisationnelles en places sont efficaces (par exemple, un débit d'aspiration suffisant pour diluer l'Atex en dessous de 10% de la LIE dans le cas d'un captage à la source d'émission), il est possible d'adopter un zonage final moins contraignant que le zonage initial ou d'en réduire l'étendue en fonction de la fiabilité des mesures :

- si une défaillance des mesures permettant d'éviter la formation d'une Atex ou permettant de la supprimer peut se produire, il faut identifier au minimum une zone 2 ou 22 (dans le cas des dysfonctionnements de ces mesures) ;
- si les mesures sont fiables (dispositifs redondants, détection de la défaillance associée à une alarme et

à une mise en sécurité du procédé...), l'emplacement peut être considéré comme une zone à risque de formation d'Atex maîtrisée. Cette zone n'est donc plus classée. Pour autant, une telle zone doit être identifiée dans le document relatif à la protection contre les explosions et signalée, le cas échéant, pour rappeler au personnel d'exploitation et surtout de maintenance l'attention particulière à observer pour cet emplacement. En effet, l'employeur doit veiller à ce que les mesures qui permettent d'empêcher la formation d'une atmosphère explosive ne soient pas supprimées, par exemple, au cours de travaux ou de modifications du procédé. Des procédures spécifiques de maintenance et d'entretien des équipements concourant à la prévention de la formation de l'Atex doivent être établies et appliquées.

Le document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE) (voir chapitre 7, p. 23) doit impérativement mentionner les procédures et modes opératoires aboutissant à la délimitation finale des zones Atex, en justifiant ce choix pour les emplacements concernés et en les répertoriant sur le plan qui représente le zonage. Ces procédures et modes opératoires doivent également assurer la pérennité des mesures en place.





6 Amélioration des mesures de prévention et de protection

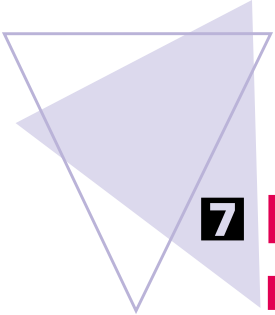
Lorsque l'évaluation du risque associé aux Atex montre que des salariés sont exposés, il est nécessaire de définir des mesures de prévention et de protection complémentaires dès que possible ou, au minimum, lors de la mise à jour annuelle de l'évaluation, afin de réduire cette exposition.

Ces mesures doivent être recherchées dans l'ordre suivant, comme précédemment :

- prévention de la formation des Atex ou réduction du volume d'Atex formé ;
- prévention des sources d'inflammation ;
- protection contre les effets des explosions.

En particulier, s'il n'est pas possible de garantir l'absence de formation d'Atex dont les effets de l'explosion sont susceptibles de blesser un salarié, il sera toujours nécessaire de rechercher des mesures de protection contre les effets des explosions. En effet, les mesures de prévention des sources d'inflammation ne permettent pas de garantir de façon suffisamment certaine l'absence de risque d'inflammation.





7 Rédaction du document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE)

Le document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE) doit être établi, intégré au document unique et régulièrement tenu à jour.

Il doit, en particulier, faire apparaître :

- que les risques d'explosion ont été identifiés et évalués ;
- que des mesures adéquates sont et seront prises pour atteindre les objectifs réglementaires ;
- les emplacements classés en zones (avec leurs volumes) ;
- les emplacements auxquels s'appliquent les prescriptions réglementaires ;
- que les lieux et les équipements de travail sont conçus, utilisés et entretenus en tenant dûment compte de la sécurité et de l'éventuelle zone dans laquelle ils fonctionnent ;
- que des dispositions ont été prises pour que l'utilisation des équipements de travail soit sûre.

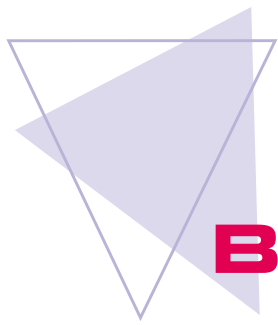
Doivent également y figurer :

- la démarche d'évaluation retenue ;
- le programme de mise en œuvre des mesures de prévention ;
- la validation des mesures (efficacité, risques résiduels...) ;
- le contenu des formations des salariés concernés ;

- le suivi et la mise à jour (la mise à jour est effectuée au moins chaque année ainsi que lors de toute modification d'aménagement significative ou lorsqu'une information supplémentaire, issue par exemple d'une veille technologique, concernant l'évaluation du risque dans une unité de travail, est recueillie) ;
- les procédures à appliquer et instructions écrites à établir avant l'exécution des travaux dans les zones concernées.

Doit participer à la rédaction de ce document l'ensemble des compétences internes, voire externes, regroupé autour du référent Atex. Ce document est finalisé sous la responsabilité de l'employeur et soumis pour avis aux instances représentatives du personnel (CSE, CSSCT...).

Le respect des exigences du Code du travail résultant de la transposition de la directive 1999/92/CE induit la mise en œuvre d'un ensemble de mesures en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives, mesures rassemblées dans le DRPCE. Toutes les mesures prises doivent l'être de manière réaliste et rigoureuse afin d'apporter des solutions efficaces et adaptées.



Bibliographie

Documents INRS

- Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation (ED 695).
- Les mélanges explosifs. Partie 1 : Gaz et vapeurs (ED 911).
- Les mélanges explosifs. Partie 2 : Poussières (ED 944).
- Le permis de feu. Démarche et document support (ED 6030).
- Consignations et déconsignations (ED 6109).
- Élimination des sources d'inflammation dans les zones à risque d'explosion (ED 6183).
- Phénomènes électrostatiques. Risques associés et prévention (ED 6354).
- Conditions de formation d'une atmosphère explosive lors de la mise en œuvre d'un liquide inflammable (ND 2313).
- Vêtements de travail et équipements de protection individuelle. Propriétés antistatiques et critères d'acceptabilité en zone Atex (ND 2358).
- EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion (NT 33).
- Catalogue « Incendie et explosion sur le lieu de travail. S'informer pour prévenir » (ED 4702).
- Base de données CarAtex.
- Dossier web « Explosion sur le lieu de travail ».

Guides d'application

- Guide de bonne pratique à caractère non contraignant en vue de la mise en œuvre de la directive 1999/92/CE du Parlement européen et du Conseil 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. Commission européenne. 2003.
- ATEX 2014/34/EU Guidelines. European Commission, 3rd edition, May 2020. Version française à paraître.

Normes

- NF EN ISO/IEC 80079-20-1 : Atmosphères explosives - Partie 20-1 : Caractéristiques des produits pour le classement des gaz et vapeurs - Méthodes et données d'essai. 2019.
- NF EN ISO/IEC 80079-20-2 : Atmosphères explosives - Partie 20-2 : Caractéristiques des produits - Méthodes d'essai des poussières combustibles. 2016.
- NF EN 1127-1. Atmosphères explosives. Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion. Partie 1 : Notions fondamentales et méthodologie. 2011.
- NF EN 60079-10-1 : Atmosphères explosives - Partie 10-1 : Classement des emplacements - Atmosphères explosives gazeuses. 2016.
- NF EN 60079-10-2 : Atmosphères explosives - Partie 10-2 : Classement des emplacements - Atmosphères explosives poussiéreuses. 2015.





>> Annexes

- Annexe 1 - Éléments de choix des appareils fonctionnant en zone à risque d'explosion et des équipements de protection
- Annexe 2 - Exemple de tableau d'aide à l'évaluation du risque d'explosion
- Annexe 3 - Exemples d'application de la réglementation sur les atmosphères explosives
 - A. Filtre à manches
 - B. Réservoir de stockage de liquide inflammable
 - C. Introduction d'un produit pulvérulent combustible dans un mélangeur contenant un solvant inflammable

Annexe 1

Éléments de choix des appareils fonctionnant en zone à risque d'explosion et des équipements de protection

Les appareils Atex sont particuliers, conçus pour ne pas générer de source d'inflammation. Ils possèdent des modes de protection spécifiques ainsi que des prescriptions d'installation, d'utilisation et de maintenance garantissant leur niveau de protection. Il est donc essentiel de se conformer aux informations données par le fabricant.

Ces exigences concernent également les appareils situés hors zone Atex qui assurent la sécurité d'un appareil en zone (exemple d'un variateur hors zone commandant un moteur situé en zone Atex).

1^{er} critère

Groupe et catégorie d'appareil

Selon leur lieu d'utilisation, les appareils peuvent appartenir à l'un des deux groupes d'appareils suivants :

- groupe I : mines ;
- groupe II : industries de surface.

Cette annexe ne traite que des industries de surface (groupe II) et des appareils pouvant y être installés.

Suivant le degré de protection contre les explosions, les appareils sont classés en trois catégories adaptées à la zone Atex dans laquelle ils sont utilisés (voir Tableau n°5).

Tableau n°5 : Classement des matériels selon la zone Atex.

Zone	Catégorie*	Niveau de protection	Appareil
0 / 20 »	1 G / 1 D	très haut	Possédant deux moyens indépendants d'assurer la protection ou la sécurité, même lorsque deux défaillances se produisent indépendamment l'une de l'autre.
1 / 21 »	2 G / 2 D	haut	Adapté à une exploitation normale et à des perturbations survenant fréquemment, ou aux équipements pour lesquels les défauts de fonctionnement sont normalement pris en compte.
2 / 22 »	3 G / 3 D	normal	Adapté à une exploitation normale.

* G pour les gaz / vapeurs – D pour les poussières

» Procédures d'évaluation de la conformité des appareils Atex

Selon le niveau exigé de protection de l'appareil, des vérifications plus ou moins poussées sont menées afin de contrôler la qualité du produit. Ces procédures d'évaluation de la conformité de l'appareil aux exigences du domaine de la protection contre les atmosphères explosives figurent dans le tableau n°6.

Tableau n°6 : Procédures d'évaluation de la conformité d'un appareil aux exigences du domaine de la protection contre les atmosphères explosives (les annexes citées sont celles figurant dans la directive 2014/34/UE (directive appareils Atex)).

	Appareil électrique	Appareil non électrique
Catégorie 1 et systèmes de protection »	Examen par un organisme notifié au titre de la directive appareils Atex (ON) et délivrance d'une attestation d'examen UE de type (selon annexe III) + assurance qualité de production approuvée par un ON (selon annexe IV) ou vérification sur produit par un ON (selon annexe V) ou vérification à l'unité par un ON	
Catégorie 2 »	Examen par un ON et délivrance d'une attestation d'examen UE de type (selon annexe III) + assurance qualité produit approuvée par un ON (selon annexe VII) ou conformité au type par un ON (selon annexe VI) ou vérification à l'unité par un ON	Contrôle interne de fabrication réalisé par le fabricant (selon annexe VIII), encore appelé « auto-certification » + dépôt de dossier auprès d'un ON ou vérification à l'unité par un ON
Catégorie 3 »	Contrôle interne de fabrication réalisé par le fabricant (selon annexe VIII), encore appelé « auto-certification » ou vérification à l'unité par un ON	

» Assemblage d'appareils

Un installateur ou un utilisateur final peut être amené à acheter différents appareils qu'il va ensuite assembler. Il est alors considéré par la réglementation comme le fabricant de ce nouvel appareil et doit se positionner sur la conformité de l'appareil assemblé du point de vue de la directive Atex (en plus de la conformité à la directive machines et potentiellement à d'autres directives).

Prenons l'exemple de l'assemblage d'une pompe et d'un moteur via un élément d'accouplement. Selon que l'un ou l'autre des éléments a déjà été évalué du point de vue du risque Atex, il sera nécessaire ou non d'évaluer l'appareil assemblé (voir Tableau n°7).

Tableau n°7 : Exemples d'évaluation de l'assemblage d'une pompe et d'un moteur.

Moteur (équipement électrique)	Pompe (équipement non électrique)	Élément d'accouplement (sans source d'inflammation propre)	Assemblage
Ex*	Ex	Ex	Appareil conforme si respect des notices pour l'assemblage
Ex		Ex	Conformité à évaluer en tant qu'appareil non électrique
	Ex	Ex	Conformité à évaluer en tant qu'appareil électrique
		Ex	Conformité à évaluer en tant qu'appareil électrique

**Ex : appareil évalué vis-à-vis de la conformité à la directive Atex 2014/34/UE (l'élément d'accouplement ne possédant pas de source d'inflammation propre, il ne rentre pas dans le champ d'application de cette directive mais doit tout de même faire l'objet d'une évaluation dans l'assemblage).*



2^e critère

Groupe de gaz et groupe de poussières

Diverses substances peuvent s'enflammer à la suite de l'apport d'une énergie suffisante. Plus l'énergie suffisante est faible, plus la substance est dangereuse.

Groupes de gaz/vapeurs

Chaque substance peut être caractérisée par deux critères :

- **l'énergie minimale d'inflammation (EMI)** : c'est l'énergie minimale qui doit être fournie au mélange, sous forme d'une flamme ou d'une étincelle, pour provoquer l'inflammation ;
- **l'interstice expérimental maximal de sécurité (IEMS)** : c'est l'épaisseur maximale de la couche d'air entre deux parties d'une chambre interne d'un appareil d'essai qui, lorsque le mélange interne est enflammé, empêche l'inflammation du mélange gazeux externe à travers un épaulement de 25 mm de longueur (concerne des pièces d'étanchéité).

À partir de ces deux critères, trois groupes de gaz ont été établis pour les industries de surface sur la base de quatre gaz représentatifs (ce sont ceux utilisés pour les essais) (voir Tableau n°8).

Tableau n°8 : Groupes de gaz.

Groupe de gaz		Gaz de référence	EMI (en µJ)	IEMS (en mm)
IIA	»	Propane	240	0,92
IIB	»	Éthylène	70	0,65
IIC	»	Acétylène	17	0,37
IIC	»	Hydrogène	17	0,29

La dangerosité croît de la subdivision IIA (la moins dangereuse) à la subdivision IIC (la plus dangereuse).

Les groupes de gaz des principaux gaz et vapeurs figurent dans la norme NF EN ISO/IEC 80079-20-1.

Groupes de poussières

Les poussières peuvent être catégorisées selon leur type, leur taille (diamètre moyen des particules) et leur résistivité (qualité d'un matériau à opposer des difficultés au passage du courant qui le traverse) (voir Tableau n°9).

Tableau n°9 : Groupes de poussières.

Groupe de poussières		Type de poussières	Taille (en µm)	Résistivité (en Ω.m)
IIIA	»	Particules combustibles en suspension	> 500	-
IIIB	»	Poussières non conductrices	≤ 500	> 10³
IIIC	»	Poussières conductrices	≤ 500	≤ 10³

La dangerosité croît de la subdivision IIIA (la moins dangereuse) à la subdivision IIIC (la plus dangereuse).

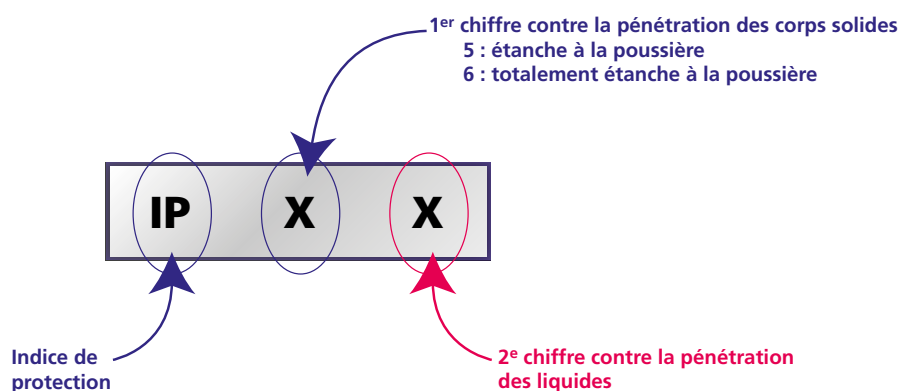
Des informations sur les groupes de poussières figurent dans la norme NF EN ISO/IEC 80079-20-2.

3^e critère

Étanchéité de l'appareil aux poussières

L'indice IP donne des informations concernant l'étanchéité de l'appareil aux corps solides et aux liquides. Nous nous intéressons ici à l'étanchéité aux poussières (1^{er} chiffre donné par l'indice IP, voir Figure n°3).

Figure n°3 : Indications relatives à l'étanchéité du matériel vis-à-vis des poussières.



La zone à laquelle est destiné l'appareil ainsi que le type de poussières (groupes IIIB et IIIC) déterminent l'indice IP de l'appareil pouvant y être installé (voir Tableau n°10). Attention, un indice IP approprié à la zone et au type de poussières ne signifie pas que l'appareil est suffisamment protégé pour être installé en zone en toute sécurité.

Tableau n°10 : Exigences d'indice IP pour les appareils en fonction de leur zone d'utilisation.

Appareil pouvant être utilisé en...	Indice IP nécessaire
Zone 20 >>	IP6X
Zone 21 >>	IP6X
Zone 22	
Poussières conductrices	IP6X
Poussières non conductrices >>	IP5X



4^e critère

Classe de température ou température maximale de surface

Les diverses substances, gaz/vapeurs ou poussières, peuvent s'enflammer sous l'effet de la chaleur à une température dite température d'auto-inflammation pour les gaz et vapeurs, et température minimale d'inflammation pour les poussières, caractéristique mesurée pour chaque substance. Plus celle-ci est faible, plus la substance est dangereuse.

En conséquence, les appareils destinés à être utilisés dans une atmosphère explosive sont classés en fonction de la température maximale de surface qu'ils génèrent. Dans le cas des gaz et vapeurs, on utilise des classes de température, définies dans le tableau n°11.

Tableau n°11 : Classes de température pour les gaz et vapeurs.

▼ Classe de température pour les gaz/vapeurs		Valeur maximale de la surface de l'appareil (en °C)	Exemples de substances (TAI)
T1	»	450	Hydrogène (560°C)
T2	»	300	Éthylène (425°C)
T3	»	200	Kérosène (210°C)
T4	»	135	Éther éthylique (160°C)
T5	»	100	-
T6	»	85	Disulfure de carbone (95°C)

Pour les poussières, c'est la température maximale de surface qui est directement précisée (exemple : T131°C signifie que l'appareil ne dépassera pas 131°C en surface).

Choix de la classe de température

Pour les gaz/vapeurs, les températures des surfaces ne doivent pas dépasser les valeurs des températures d'auto-inflammation des produits (la marge de sécurité lors de la détermination de la TAI selon les normes en vigueur est suffisante).

Pour les poussières, les températures des surfaces doivent être inférieures ou égales à la valeur la plus faible des deux critères suivants :

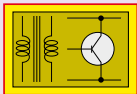
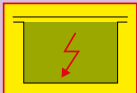
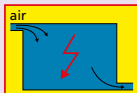
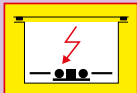
- deux-tiers de la température minimale d'inflammation du nuage air/poussières ;
- température minimale d'inflammation d'une couche de 5 mm d'épaisseur de la poussière considérée diminuée de 75 degrés.

La classe de température ou la température maximale de surface d'un appareil n'est valable que pour une température ambiante d'utilisation donnée (ou une gamme de températures). Il appartient à l'utilisateur de vérifier que l'appareil va être utilisé à une température conforme à celle prévue lors du classement.

5^e critère

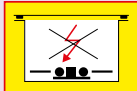
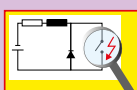
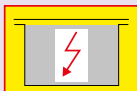
Mode(s) de protection

Modes de protection pour les appareils électriques

	Mode de protection	Adapté à une atmosphère...	Principe
Suppression de l'atmosphère explosive	Encapsulage → symbole (m) 	Gaz/vapeurs ou poussières	Les pièces qui pourraient enflammer une atmosphère explosive par des étincelles ou par des échauffements sont enfermées dans une résine de telle manière que cette atmosphère explosive ne puisse pénétrer et donc s'enflammer.
	Immersion dans l'huile → symbole (o) 	Gaz/vapeurs	L'appareil électrique est immergé dans l'huile de telle sorte qu'une atmosphère explosive se trouvant au-dessus du niveau de l'huile ou à l'extérieur de l'enveloppe ne puisse pénétrer et donc s'enflammer.
	Surpression interne → symbole (p) 	Gaz/vapeurs ou poussières	La pénétration d'une atmosphère environnante à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareil électrique est empêchée par le maintien, à l'intérieur de ladite enveloppe, d'un gaz de protection à une pression supérieure à celle de l'atmosphère environnante.
	Protection par enveloppe → symbole (t) 	Poussières	Protection assurée par l'étanchéité des divers matériaux aux poussières ainsi que par des mesures visant à limiter les températures maximales de surface en fonctionnement normal.

■ ■ ■



	Mode de protection	Adapté à une atmosphère...	Principe
Suppression de la source d'inflammation	Sécurité augmentée → symbole (e) 	Gaz/vapeurs	Mode de protection consistant à appliquer des mesures afin d'éviter, avec un coefficient de sécurité élevé, la possibilité de températures excessives et l'apparition d'arcs ou d'étincelles à l'intérieur et sur les parties externes de l'appareil électrique qui ne se produit pas en service normal.
	Sécurité intrinsèque → symbole (i) 	Gaz/vapeurs ou poussières	Un circuit de sécurité intrinsèque est un circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique, produit dans les conditions d'épreuve prescrites par la norme, n'est capable de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive donnée.
	Modes de protection → symbole (n)	Gaz/vapeurs	Ce mode de protection est dérivé des modes de protection : • sécurité augmentée : nA (appareil non étincelant), • enveloppe antidéflagrante et encapsulage : nC (dispositifs clos, dispositifs hermétiquement scellés et composants non propagateurs de flamme), • sécurité intrinsèque : nL (appareil à énergie limitée). De plus, il existe le mode de protection nR pour les appareils munis d'enveloppes à respiration limitée.
Non-propagation de l'inflammation	Enveloppe antidéflagrante → symbole (d) 	Gaz/vapeurs	Les pièces qui peuvent enflammer une Atex sont enfermées dans une enveloppe qui résiste à la pression développée lors d'une explosion interne d'un mélange explosif et qui empêche la transmission de l'explosion à l'atmosphère environnante de l'enveloppe.
	Remplissage de pulvérulent → symbole (q) 	Gaz/vapeurs	Les parties susceptibles d'enflammer une atmosphère explosive sont en position fixe et sont complètement noyées dans un matériau de remplissage de telle sorte que l'inflammation d'une atmosphère explosive environnante soit empêchée.

Modes de protection pour les appareils non électriques

Mode de protection	Adapté à une atmosphère...	Principe
Contrôle de la source d'inflammation → symbole (b)*	Gaz/vapeurs ou poussières	Ce mode de protection consiste à équiper l'appareil de systèmes de contrôle et de surveillance avec capteurs mettant hors énergie l'appareil en cas de dépassement de ses paramètres de sécurité.
Sécurité à la construction → symbole (c)*	Gaz/vapeurs ou poussières	Ce mode de protection a pour principe de base de sélectionner des équipements ne contenant pas, en régime normal, de source d'inflammation.
Enveloppe antidéflagrante → symbole (d)	Gaz/vapeurs ou poussières	Ce mode de protection est identique au mode (d) pour les appareils électriques.
Enveloppe à circulation limitée → symbole (fr)	Gaz/vapeurs ou poussières	Protection par restriction de débit. Le principe est la réduction de l'entrée de l'atmosphère explosive à l'intérieur des enveloppes (concentration < LIE). Elle peut s'appliquer à des appareils comportant des sources d'inflammation.
Immersion dans un liquide → symbole (k)*	Gaz/vapeurs ou poussières	Mode de protection qui a repris le principe du mode de protection immersion dans l'huile (o) pour les appareils électriques avec des aménagements pour prendre en compte une immersion partielle et l'utilisation de liquides autres que l'huile (eau par exemple).
Surpression interne → symbole (p)	Gaz/vapeurs ou poussières	S'inspire fortement du mode de protection (p) pour les appareils électriques.

**Conformément aux nouvelles normes, ces modes de protection sont toujours utilisés et les appareils non électriques utilisant ces modes de protection sont désormais marqués (h).*

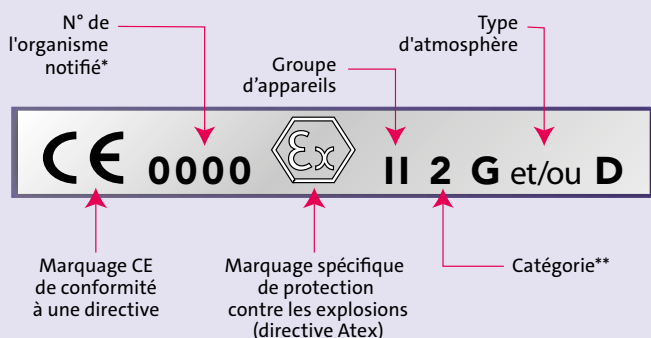


Relation entre les modes de protection et les catégories des appareils (voir aussi le marquage normatif pour les « codes marquage »)

Zone	Catégorie	Modes de protection autorisés pour un APPAREIL ÉLECTRIQUE	Modes de protection autorisés pour un APPAREIL NON ÉLECTRIQUE
0	1 G	• sécurité intrinsèque (i) • encapsulage (m)	• mode de protection pour appareil non électrique (h) • immersion dans un liquide (k)
1	2 G	• modes de protection pour 1 G • enveloppe antidéflagrante (d) • sécurité augmentée (e) • immersion dans l'huile (o) • surpression interne (p) • remplissage de pulvérulent (q)	• modes de protection pour 1 G • contrôle de la source d'inflammation (b) • sécurité de construction (c) • enveloppe antidéflagrante (d) • enveloppe à circulation limitée (fr) • surpression interne (p)
2	3 G	• modes de protection pour 2 G • modes de protection (n)	• modes de protection pour 2 G
20	1 D	• sécurité intrinsèque (i) + IP6X • encapsulage (m) + IP6X • protection par enveloppe (t) + IP6X	• mode de protection pour appareil non électrique (h) + enveloppe antidéflagrante (d) • immersion dans un liquide (k) + IP6X
21	2 D	• modes de protection pour 1 D • surpression interne (p) + IP6X	• modes de protection pour 1 D • contrôle de la source d'inflammation (b) + IP6X • sécurité de construction (c) + IP6X • enveloppe antidéflagrante (d) + IP6X • enveloppe à circulation limitée (fr) + IP6X • surpression interne (p) + IP6X
22	3 D	• modes de protection pour 2 D • modes de protection pour 2 D + IP5X (uniquement pour les poussières non conductrices)	• modes de protection pour 2 D • modes de protection pour 2 D + IP5X (uniquement pour les poussières non conductrices)

» Exemples de marquage

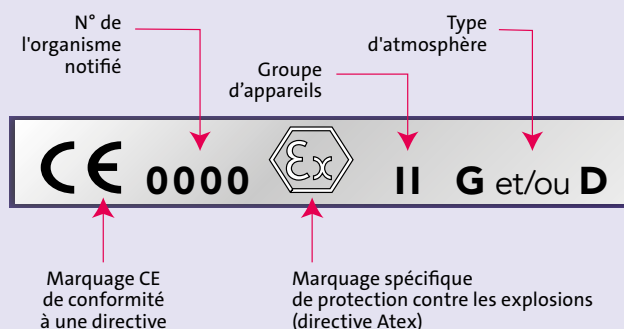
1. Marquage réglementaire d'un appareil Atex



* Pour les organismes français : 0080 Ineris, 0081 LCIE.

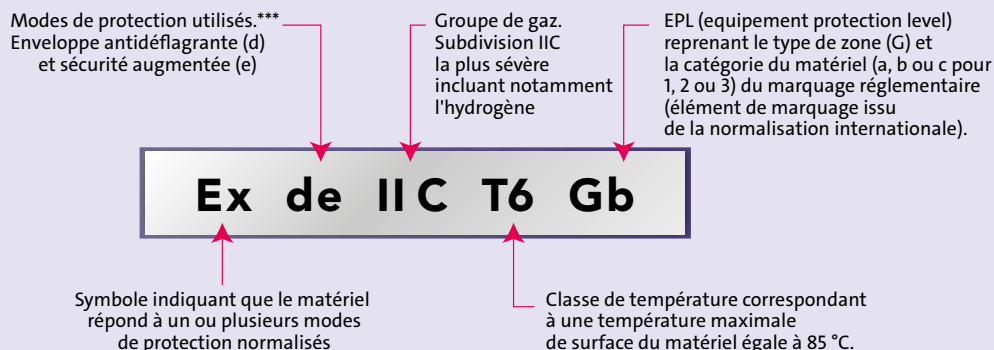
** Dans certains cas, deux catégories peuvent être indiquées pour préciser l'adéquation à une zone interne à l'appareil et à une zone externe. Par exemple, « CE 0000 Ex II 1D/3G », l'ordre des zones étant à vérifier dans la notice d'instructions de l'appareils.

2. Marquage réglementaire d'un système de protection



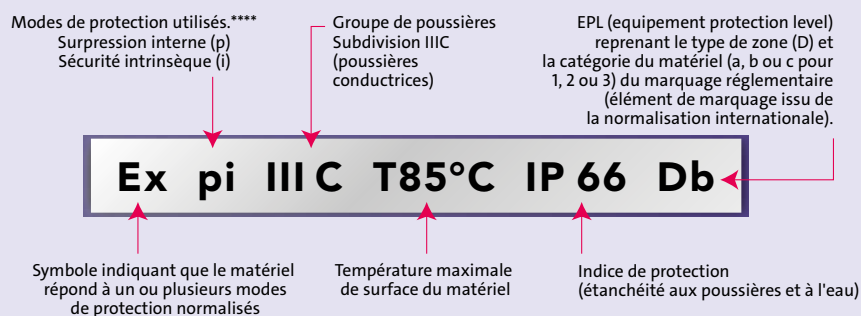
Le marquage ne mentionne pas de catégorie dans le cas général où l'équipement fonctionne seulement en tant que système de protection, et pas dans une zone ATEX.

3. Marquage normatif d'un appareil ATEX utilisé en zone gaz/vapeurs



*** Le symbole du mode de protection peut être suivi de la lettre a, b ou c indiquant le niveau de protection de l'appareil pouvant permettre son utilisation en zone (a pour 0, b pour 1 et c pour 2). L'EPL qui est placé à la fin indique le niveau de protection de l'appareil dans son ensemble. Pour le cas du mode de protection par sécurité intrinsèque (i), le symbole peut être mis entre crochets ([i] ou [ia] par exemple) et ce marquage concerne un dispositif de sécurité situé hors zone mais pilotant l'appareil ATEX situé en zone.

4. Marquage normatif d'un appareil ATEX utilisé en zone poussières



**** Le symbole du mode de protection peut être suivi de la lettre a, b ou c indiquant le niveau de protection de l'appareil pouvant permettre son utilisation en zone (a pour 20, b pour 21 et c pour 22). L'EPL qui est placé à la fin indique le niveau de protection de l'appareil dans son ensemble. Pour le cas du mode de protection par sécurité intrinsèque (i), le symbole peut être mis entre crochets ([i] ou [ia] par exemple) et ce marquage concerne un dispositif de sécurité situé hors zone mais pilotant l'appareil ATEX situé en zone.

5. Certificat ATEX

INERIS 99 ATEX 2053

Organisme notifié
(le cas échéant)

Année de délivrance
du certificat

Numéro d'ordre

Le certificat n'est pas nécessairement présent sur la plaque de marquage.

Si le numéro certificat est suivi d'un « U », l'appareil est en fait un composant (une partie d'appareil) qui n'est pas marqué CE et qui ne peut pas être installé en zone sans qu'il soit intégré à un appareil ayant fait l'objet d'une certification globale.

Si le certificat est suivi d'un « X », l'appareil est caractérisé par des conditions particulières d'utilisation (qui, si elles ne sont pas respectées, peuvent dégrader le niveau de protection de l'appareil), consultables dans la notice d'instructions.

Annexe 2

Exemple de tableau d'aide à l'évaluation du risque d'explosion

Ce tableau n'est qu'un exemple pouvant servir d'aide à la rédaction du Document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE). Il importe que les employeurs l'adaptent à leur entreprise, à ses spécificités et aux méthodologies utilisées pour la rédaction du document unique de façon à constituer un ensemble cohérent et à faciliter les passerelles entre tous les documents de l'entreprise.

ANALYSE PRÉLIMINAIRE				
► Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	► Équipement ► Phases de travail ► Phases du procédé ► Activités ► Dysfonctionnements prévisibles...	► Zonage initial		► Identification des sources d'inflammation <i>Type et conditions de présence (fonctionnement normal, maintenance, dysfonctionnement...)</i>
		Localisation	Type de zone, dimensionnement	

ÉVALUATION DU RISQUE						
Fréquence d'apparition du risque d'explosion					Gravité du risque d'explosion	
	► Mesures de prévention mises en place		► Zonage après prise en compte des mesures existantes		► Facteur d'exposition ¹	► Systèmes de protection contre les explosions ²
	Nature des mesures	Maîtrise, efficacité, pérennité	Localisation	Type de zone, dimensionnement		

1. sans personnel
2. possibilité de personnel
3. poste fixe à proximité ou présence fréquente

1. installation ou matériel protégés
2. installation ou matériel mal ou non protégés

MESURES COMPLÉMENTAIRES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION

► Dispositions complémentaires ou d'amélioration à mettre en œuvre

► Suivi (décisions, suites à donner...)

Mesures retenues

Délai et responsable

Date de réalisation

Améliorations attendues, commentaires

Validation

Annexe 3

Exemples d'application de la réglementation sur les atmosphères explosives

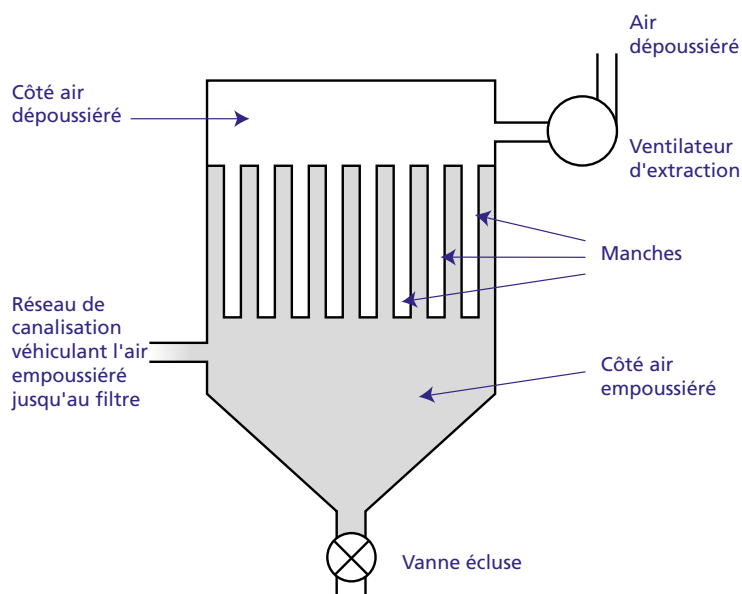
Pour expliciter les principes définis précédemment, trois exemples sont présentés dans les pages suivantes à titre indicatif. Ils sont uniquement proposés dans l'objectif d'illustrer la démarche.

A. Filtre à manches

À noter : En toute rigueur, l'analyse du risque d'explosion d'un filtre à manches est menée par le fabricant responsable de sa mise sur le marché dans le cadre de la directive machine (voir l'encadré « Réglementation machines et réglementation appareils Atex » page 6), en prenant en compte les informations fournies par l'utilisateur final et, notamment,

la nature et la granulométrie des particules filtrées. Cet exemple permet néanmoins d'appliquer la méthode d'évaluation du risque Atex présentée dans ce document, d'aider l'utilisateur à évaluer le risque lié à une installation existante et d'avoir des éléments d'échange avec le fournisseur d'équipements. Cet exemple peut aussi aider les fabricants ou installateurs à mener leur analyse de risque concernant les installations de ventilation et de captage.

Figure n°4 : Schéma de principe d'un filtre à manches (les dispositifs de protection contre l'explosion ne figurent pas).



1. Analyse fonctionnelle

Dans les industries où sont produits, stockés et mis en œuvre des produits pulvérulents, les filtres à manches sont largement utilisés (voir Figure 4). Ils sont destinés à l'aspiration et au dépoussiérage d'un flux d'air empoussiéré, par passage à travers un ensemble de manches constituées d'un média filtrant. Les statistiques d'accident montrent que les explosions sont très fréquentes dans ce type d'installation.

Si le filtre n'est pas protégé, l'explosion peut conduire à des dégâts plus ou moins importants (voire à la destruction complète du filtre) souvent suivis d'un incendie des manches et du produit contenu dans le filtre. L'explosion peut aussi se propager dans le réseau amont vers les postes de travail.

Un filtre comporte un caisson dans lequel les manches séparent deux parties :

- la partie à laquelle est relié le réseau de canalisations qui véhicule l'air empoussiéré jusqu'au filtre ;
- la partie à laquelle est reliée la canalisation qui véhicule l'air dépoussiéré.

L'aspiration de l'air empoussiéré et le refoulement de l'air dépoussiéré sont assurés par un ventilateur en mode « aspiration », idéalement placé sur la canalisation d'air dépoussiéré.

Afin de maintenir l'efficacité de l'aspiration, le filtre doit être équipé d'un système de décolmatage des manches, qui consiste à produire alternativement une contre-pression d'air, ou à faire vibrer ces manches, afin de faire tomber le produit pulvérulent accumulé sur celles-ci. Une trémie, placée sous les manches dans la partie inférieure du filtre, permet de recueillir le produit tombé à chaque décolmatage.

La séparation entre la partie basse du filtre et le bac de récupération des poussières peut être assuré par une vanne-écluse, placée en partie inférieure de la trémie et utilisée pour vider le filtre.

2. Identification des atmosphères explosives potentielles

2.1 Conditions propres au pulvérulent mis en œuvre

Ce n'est que si le pulvérulent mis en œuvre dans un filtre à manches est combustible (poussières de bois, produit agroalimentaire, pharmaceutique, matière plastique, poudre métallique...) qu'une atmosphère explosive est susceptible de se former lors du fonctionnement du filtre. À l'inverse, un pulvérulent minéral incombustible (ciment, plâtre, silice...) n'est pas susceptible de donner lieu à la formation d'une atmosphère explosive.

Rappelons les principales conditions relatives aux pulvérents nécessaires à la formation d'une atmosphère explosive :

- une granulométrie suffisamment fine : elle doit être telle que l'air empoussiéré contienne des particules de dimension moyenne inférieure à 500 μm ;
- une teneur suffisante de l'air empoussiéré en produit pulvérulent : cette teneur doit être supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE, voir page 10). Dans le cas des poussières, on parle aussi de concentration minimale d'explosion (CME) et, pour un grand nombre de produits, elle est de l'ordre de quelques dizaines de g.m^{-3} .

2.2 Conditions propres au fonctionnement du filtre

La réglementation sur les atmosphères explosives impose de recenser les situations où celles-ci peuvent se former, aussi bien dans les conditions de fonctionnement normal que dans les conditions de dysfonctionnement prévisible.

2.2.1 Cas d'un fonctionnement normal

Le fonctionnement du filtre suppose la mise en œuvre d'un flux d'air empoussiéré qui peut constituer une atmosphère explosive si les conditions sont réunies.

Il faut aussi prendre en compte la possibilité de formation d'une atmosphère explosive par mise en suspension d'un dépôt de produit (en particulier, lors du démarrage ou de l'arrêt du système d'aspiration) qui pourrait s'être accumulé, par exemple dans le réseau de canalisation véhiculant l'air empoussiéré jusqu'au filtre.

Par ailleurs, à chaque cycle de décolmatage, le produit accumulé sur les manches est remis en suspension dans l'air dans la zone côté empoussiéré.

En fonction de la périodicité de ce décolmatage et de la quantité de poussière aspirée, il faut considérer que sa concentration est suffisante pour qu'une atmosphère explosive se forme de ce côté.



En revanche, il n'y a pas à prendre en compte, en fonctionnement normal, la possibilité de formation d'une atmosphère explosive côté air dépoussiéré.

De même, le fait que le filtre fonctionne en dépression par rapport à la pression atmosphérique évite qu'il ne se produise une fuite d'air empoussiéré vers l'extérieur et il n'y a donc pas, a priori, de risque de formation d'une atmosphère explosive à l'extérieur du filtre (en considérant que le filtre à manches est étanche notamment lors du décolmatage).

2.2.2 Cas de dysfonctionnements prévisibles

Si une manche se rompt ou se démanche, de l'air empoussiéré passe du côté air dépoussiéré et une atmosphère explosive peut alors s'y former. Par ailleurs, si l'on constate la présence de façon habituelle de dépôts d'épaisseur suffisante sur les surfaces horizontales ou inclinées à proximité du filtre, il faut également considérer qu'une atmosphère explosive est susceptible de se former dans le local en cas de dysfonctionnement. En général, compte tenu de la limite inférieure d'explosivité de la plupart des poussières, au-delà de 10 g.m^{-3} , une épaisseur de dépôt d'une fraction de millimètres, doit être considérée comme une zone Atex potentielle.

3. Identification des sources d'inflammation potentielles

Il existe plusieurs types de source d'inflammation susceptibles d'enflammer les atmosphères explosives formées et leur capacité à enflammer ces Atex dépend notamment des valeurs des caractéristiques d'inflammabilité du produit, à savoir :

- son énergie minimale d'inflammation (EMI) ;
- sa température minimale d'inflammation (TMI), en nuage ou en couche.

La circulation de l'air empoussiéré dans le réseau d'aspiration génère des charges électrostatiques. Si le produit est caractérisé par une valeur d'énergie minimale d'inflammation suffisamment faible (moins de quelques centaines de millijoules), la possibilité d'inflammation d'une atmosphère explosive par une décharge électrostatique doit être prise en compte.

De même, la montée en température de la surface d'un appareil électrique (carter de moteur) ou l'échauffement résultant du frottement de pièces mécaniques en mouvement, au niveau du ventilateur ou de la vanne-écluse peuvent enflammer l'atmosphère explosive formée. Une étincelle électrique produite par un appareil installé à l'intérieur du filtre (équipements de mesure du niveau de produit dans la trémie ou du débit du ventilateur...) est susceptible d'enflammer une Atex, de même qu'une particule incandescente aspirée en même temps que l'air empoussiéré (par exemple, si le filtre à manches est relié à un broyeur ou si un élément métallique est présent dans du bois) peut constituer une source d'inflammation.

Les sources d'inflammation externes au procédé, comme les flammes nues et les travaux par points chauds de type soudure ou découpage, sont également à même d'être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion.

4. Détermination des zones à risque

L'analyse du procédé et des dysfonctionnements potentiels conduit à retenir le classement de zones à risque d'explosion figurant dans le tableau n°12 page suivante.

Tableau n°12 : Proposition de classement en zones à risque d'explosion pour un filtre à manches où circulent des particules combustibles.

▼ Emplacement	Type de zone	Remarques
Volume interne des canalisations du réseau d'aspiration >>	Zone 21	Ce classement correspond au cas où le flux d'air empoussiéré constitue une atmosphère explosive (vitesse d'air minimale pour éviter les dépôts non respectée ou quantités aspirées plus importantes que celles figurant dans le cahier des charges ; voir brochure INRS ED 695, Tableau VI). Sinon, une zone 22 peut être identifiée (Atex présente uniquement en cas de dysfonctionnement de la ventilation).
Volume interne du filtre, côté air empoussiéré >>	Zone 20	/
Volume interne du filtre, côté air dépoussiéré >>	Zone 22	Ce classement est lié à la possibilité d'un démanchage ou d'un déchirement d'une manche.
Volume du local dans lequel est implanté le filtre >>	Zone 22 ou non classé	Selon la présence ou non d'un dépôt de poussières dans le local.

5. Mesures de prévention et de protection

5.1 Prévention de la formation d'une atmosphère explosive

Un filtre à manches étant destiné à dépoussiérer un flux d'air, il est difficile d'empêcher la formation d'une atmosphère explosive, au moins dans le filtre lors de chaque décolmatage, sauf lorsque les quantités de poussières aspirées sont très faibles et la fréquence des décolmatages élevée.

5.2 Prévention de l'inflammation des atmosphères explosives formées

Afin de lutter contre les phénomènes électrostatiques, il convient d'assurer l'équipotentialité entre tous les éléments conducteurs du filtre à manches et des canalisations ainsi que de connecter l'équipement à la terre.

De plus, pour éviter les inflammations associées à

la présence de particules incandescentes ou d'étincelles mécaniques, il est possible de mettre en œuvre un détecteur de particules incandescentes et un séparateur magnétique dans le circuit d'aspiration des poussières, en amont du filtre. Il est également conseillé d'installer un piège à cales qui évitera l'aspiration de morceaux de bois ou d'autres matériaux à l'intérieur du filtre, qui pourraient endommager les manches.

Par ailleurs, les appareils installés dans les zones à risque d'explosion doivent être conformes aux dispositions du code de l'environnement (voir partie Contexte réglementaire, page 4).

5.3 Protection contre les effets d'une explosion

L'efficacité des mesures destinées à prévenir la formation et l'inflammation d'une atmosphère explosive n'étant pas garantie, il est indispensable de mettre en place des mesures destinées à protéger les personnes contre les effets d'une explosion qui se produirait dans le filtre. Dans la mesure du possible,

le dépoussiéreur sera installé à l'extérieur du bâtiment et éloigné de celui-ci.

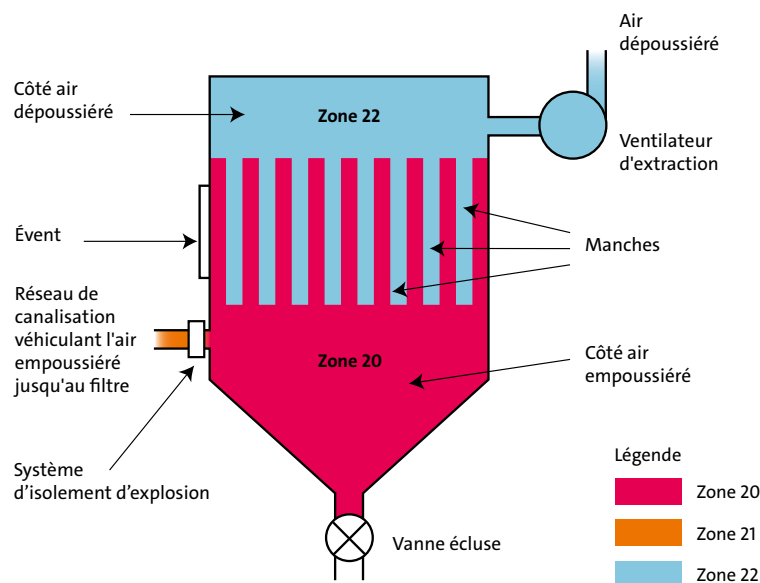
Les mesures adaptées consistent à décharger l'onde de pression et les gaz chauds ainsi qu'à éviter la propagation de l'inflammation en cas d'explosion à l'intérieur du filtre et du réseau de canalisations.

Une des méthodes utilisées est la mise en place d'événements d'explosion dès la conception. Leur dimensionnement doit tenir compte des caractéristiques d'explosivité du produit mis en œuvre, du volume du filtre, de la pression maximale admissible dans le filtre et de la pression d'ouverture des événements.

Les événements seront positionnés et dirigés de telle

manière que la décharge d'une éventuelle explosion soit orientée vers un lieu propre et non encombré, libre de tout stockage et hors des zones de circulation du personnel. Pour rappel, lors d'une explosion, une zone de flammes de plusieurs mètres de longueur est présente à la sortie de l'événement. De plus, afin d'éviter la propagation d'une explosion ayant lieu dans le filtre vers les éléments en amont, un dispositif d'isolement (système de découplage) doit être mis en place, par exemple un clapet d'isolement d'explosion (voir Figure n°5). En fonction de l'analyse de risque, la vanne-écluse pourra être certifiée en tant que système de protection contre les explosions (en tant que système d'isolement d'explosion).

Figure n°5 : Représentation des zones Atex et des éléments de protection dans le cas d'un filtre à manches utilisé pour filtrer un air chargé de poussières combustibles de fine granulométrie.



6. Exemple de tableau d'évaluation des risques

(tableau page suivante)



6. Exemple de tableau d'évaluation des risques

ANALYSE PRÉLIMINAIRE				
► Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	► Équipement ► Phases de travail ► Phases du procédé ► Activités ► Dysfonctionnements prévisibles...	► Zonage initial		► Identification des sources d'inflammation <i>Type et conditions de présence (fonctionnement normal, maintenance, dysfonctionnement...)</i>
		Localisation	Type de zone, dimensionnement	
► Atelier dans lequel est implanté le filtre à manches	► Canalisations du réseau d'aspiration	► Volume interne des canalisations du réseau d'aspiration	► Zone 21, tout le volume interne	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal) ► Particules incandescentes (dysfonctionnement)
	► Filtre à manches	► Volume interne du filtre, côté air empoussiéré	► Zone 20, tout le volume interne du filtre, côté air empoussiéré	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal) ► Échauffement de la surface d'un matériel électrique (dysfonctionnement) ► Étincelles électriques (dysfonctionnement) ► Particules incandescentes (dysfonctionnement)
		► Volume interne du filtre, côté air dépoussiéré	► Zone 22, tout le volume interne du filtre, côté air dépoussiéré	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal) ► Échauffement de la surface d'un matériel électrique (dysfonctionnement) ► Étincelles électriques (dysfonctionnement) ► Particules incandescentes (dysfonctionnement)
	► Atelier	► Volume de l'atelier	► Zone 22, tout le local	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal) ► Échauffement de la surface d'un matériel électrique (dysfonctionnement) ► Étincelles électriques (dysfonctionnement) ► Particules incandescentes (dysfonctionnement) ► Flammes nues, travaux par points chauds (maintenance)

ÉVALUATION DU RISQUE

Fréquence d'apparition du risque d'explosion				Gravité du risque d'explosion	
► Mesures de prévention mises en place		► Zonage après prise en compte des mesures existantes		► Facteur d'exposition	► Systèmes de protection contre les explosions
Nature des mesures	Maîtrise, efficacité, pérennité	Localisation	Type de zone, dimensionnement		
► Vitesse d'air minimale pour éviter les dépôts fixée à la conception (voir brochure ED 695, tableau VI)		► Volume interne des canalisations du réseau d'aspiration	► Zone 21, tout le volume interne	► Postes de travail fixes à proximité du débouché des canalisations	► Installation non protégée
► Fréquence du décolmatage fixée à la conception		► Volume interne du filtre, côté air empoussiéré	► Zone 20, tout le volume interne du filtre, côté air empoussiéré	► Possibilité de présence de personnel à côté du filtre	► Installation non protégée
► Pas de mesure		► Volume interne du filtre, côté air dépoussiéré	► Zone 22, tout le volume interne du filtre, côté air dépoussiéré	► Possibilité de présence de personnel à côté du filtre	► Installation non protégée
► Les machines sont capotées et le nettoyage est effectué à chaque fin de poste par aspiration ► Tous les travaux par points chauds sont réalisés après délivrance d'un permis de feu	► Capotage efficace ► Contrôle de débit d'aspiration à la source ► Procédures de nettoyage de l'atelier par aspiration (intégré dans le temps de travail) qui assure l'absence de dépôt de poussières dans le local	► Volume de l'atelier	► Pas d'emplacement classé	► Postes de travail fixes dans l'atelier	► Installation non protégée

MESURES COMPLÉMENTAIRES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION

	► Dispositions complémentaires ou d'amélioration à mettre en œuvre	► Suivi (décisions, suites à donner...)	
		Mesures retenues	Améliorations attendues, commentaires
	► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Vérification régulière de la vitesse d'air ► Détecteur de particules incandescentes dans le circuit d'aspiration de poussières en adéquation avec la zone ► Mise en place d'une temporisation de la ventilation à l'arrêt des machines	► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Vérification régulière de la vitesse d'air ► Détecteur de particules incandescentes dans le circuit d'aspiration de poussières en adéquation avec la zone ► Mise en place d'une temporisation de la ventilation à l'arrêt des machines	► Les mesures retenues permettent de réduire la probabilité d'apparition des sources d'inflammation : étincelles d'origine électrostatique et électrique, température excessive de surface des appareils et particules incandescentes ► En fonction des résultats de mesure des vitesses d'air, un déclassement en zone 22 est possible
	► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Tous les appareils installés dans le filtre doivent être en adéquation avec la zone ► Installation du filtre à manches à l'extérieur de l'atelier ► Installation d'un évent correctement dimensionné et judicieusement implanté ► Mise en place d'un système d'isolement d'explosion (type clapet)	► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Tous les appareils installés dans le filtre doivent être en adéquation avec la zone ► Installation d'un évent correctement dimensionné et judicieusement implanté ► Mise en place d'un système d'isolement d'explosion (type clapet)	► Les mesures retenues permettent de réduire la probabilité d'apparition des sources d'inflammation : étincelles d'origine électrostatique et électrique, température excessive de surface des appareils ► L'évent permet de limiter les effets d'une explosion dans le filtre ► Si l'évent est équipé d'un arrête-flamme et orienté vers une zone sécurisée et vide de tout matériel et stockage, il est envisageable d'installer le filtre à l'intérieur de l'atelier ► Le clapet d'isolement d'explosion permet d'éviter un retour de l'explosion vers les postes de travail
	► Nettoyage annuel par aspiration de l'ensemble des surfaces horizontales ou inclinées (chemins de câble, charpente...) ► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Installation du filtre à manches à l'extérieur de l'atelier	► Nettoyage annuel par aspiration de l'ensemble des surfaces horizontales ou inclinées (chemins de câble, charpente...) ► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre	



B. Réservoir de stockage de liquide inflammable

1. Analyse fonctionnelle

L'installation comprend le réservoir de stockage proprement dit, ainsi que les équipements associés permettant de l'exploiter (essentiellement le réseau de canalisations et une pompe de remplissage et de vidange). Le réservoir et ces équipements sont installés sur une cuvette de rétention (voir Figure n°6). Certains réservoirs ouverts de très grand volume (bacs) sont équipés d'un toit flottant qui, en se déplaçant avec le niveau du liquide, évite la présence d'une atmosphère gazeuse (constituée des vapeurs du liquide) au-dessus du liquide. La situation envisagée ici concerne un réservoir fermé et donc dépourvu de toit flottant, de sorte que la phase liquide est surmontée d'une phase gazeuse.

Le réservoir est équipé d'un évent de respiration qui assure deux fonctions :

- lors du remplissage du réservoir, l'évent permet l'évacuation de l'atmosphère contenue dans le ciel du réservoir vers l'extérieur (ou, dans le cas de la

vidange, l'introduction d'air dans le réservoir) et évite ainsi l'apparition d'une surpression (ou d'une dépression dans le cas de la vidange) qui l'endommagerait ;

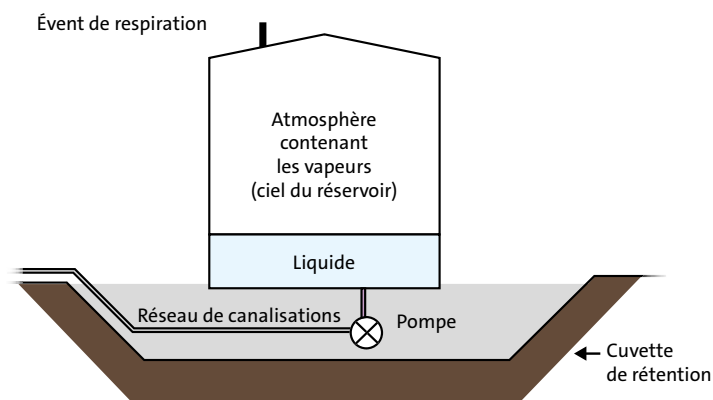
- il permet un échange entre l'atmosphère du réservoir et l'air ambiant, sans mouvement du liquide, à l'occasion de variations de température (entre le jour et la nuit par exemple), lors de fortes chaleurs ou en cas de variations de la pression atmosphérique.

2. Identification des atmosphères explosives potentielles

La présence d'une atmosphère explosive dans le ciel du réservoir, ou à proximité de l'évent de respiration, de même que la formation d'une atmosphère explosive en cas de fuite de liquide dépendent :

- du point d'éclair du liquide (le liquide étant combustible) ;
- de la présence ou de l'absence d'air dans le réservoir.

Figure n°6 : Schéma de principe d'un réservoir de stockage de liquide et de ses équipements associés.



2.1 Possibilités de formation d'une atmosphère explosive dans le cas d'un réservoir sous air

Si le point d'éclair du liquide est inférieur à la température ambiante (c'est le cas par exemple de l'essence), ou si le point d'éclair du liquide est supérieur à la température ambiante mais que le liquide est chauffé, pour des raisons de procédé ou de stockage, à une température supérieure à son point d'éclair, une atmosphère explosive est présente dans le ciel du réservoir.

Il se forme également une atmosphère explosive

autour de l'évent de respiration du réservoir, en particulier en cas de remplissage du réservoir.

Les dimensions de cette atmosphère explosive peuvent être évaluées notamment en fonction du débit de la pompe de remplissage.

À l'inverse, si le point d'éclair du liquide est nettement supérieur à la température à laquelle il se trouve dans le réservoir (d'au moins 15°C), aucune atmosphère explosive ne se forme ni dans le ciel du réservoir (c'est par exemple le cas d'un réservoir contenant du gazole à la température ambiante), ni au niveau de l'évent de respiration du réservoir, ni en cas de fuite de liquide.

2.2 Possibilités de formation d'une atmosphère explosive dans le cas d'un réservoir inerté

Quels que soient le point d'éclair du liquide et la température à laquelle il est maintenu dans le réservoir, il n'y a pas d'atmosphère explosive dans le ciel du réservoir en fonctionnement normal.

Cependant, une telle atmosphère pourrait s'y former si de l'air pénétrait dans le réservoir, en cas de défaillance du système d'inertage. Si des dispositions sont prises pour garantir le fonctionnement du système d'inertage, il est possible de ne pas identifier de zone à risque de formation d'atmosphère explosive dans le ciel du réservoir (zone Atex maîtrisée). Une atmosphère explosive peut également se former au niveau de l'évent de respiration, selon la proportion gaz inerte/vapeurs du mélange émis au niveau de cet événement, de même qu'à proximité de toute fuite de liquide, selon son point d'éclair.

2.3 Étude des dysfonctionnements prévisibles

Si une fuite de liquide se produit au niveau de la pompe ou d'un élément du réseau de canalisation, le liquide répandu forme une flaque dans la cuvette de rétention. Le mélange avec l'air des vapeurs émises par l'évaporation de cette flaque peut donner lieu à

la formation d'une atmosphère explosive, à proximité immédiate de la flaque, d'autant plus importante que la pompe est en fonctionnement.

En considérant que la température du liquide égale rapidement la température ambiante, la formation d'une atmosphère explosive est conditionnée par la valeur de cette température, par rapport au point d'éclair du liquide. En effet, si la température ambiante est voisine ou supérieure au point d'éclair du produit, une atmosphère explosive est présente, au moins à proximité immédiate de la flaque.

Le liquide s'évapore progressivement en émettant des vapeurs qui se dispersent dans l'air ambiant à un débit qui est d'autant plus grand que la surface du liquide est plus grande.

En atmosphère calme, cette dispersion se produit sous le seul effet de la diffusion moléculaire qui est un phénomène relativement lent. Si l'air est en mouvement à la surface du liquide, par exemple dans le cas d'une flaque de liquide soumise au vent, l'évaporation est plus rapide, le vent favorisant la dispersion de la vapeur dans l'air.

La concentration en vapeur atteinte à une distance donnée de la flaque et à une hauteur donnée au-dessus de la flaque dépend, entre autres, de la vitesse du vent (voir article « Conditions de formation d'une atmosphère explosive lors de la mise en œuvre d'un liquide inflammable », INRS, ND 2313).

3. Identification des sources d'inflammation potentielles

Sans prétendre à une analyse exhaustive de toutes les sources d'inflammation potentielles des atmosphères explosives identifiées précédemment, les sources suivantes peuvent être citées :

- une étincelle produite par un appareil électrique équipant le réservoir (jauge de niveau, résistance de chauffage...) pourrait être à l'origine d'une inflammation de l'atmosphère explosive présente dans le réservoir : c'est pourquoi il est essentiel que les appareils électriques et non électriques soient d'une

- catégorie conforme au type de zone où ils sont installés (voir Annexe 1) ;
- une augmentation de la température due à un dysfonctionnement du système de chauffage du réservoir ;
 - des étincelles ou particules incandescentes générées par des travaux à proximité d'une vanne de purge dans la cuvette de rétention ou encore en toiture à proximité d'un événement de respiration ;
 - la foudre peut enflammer l'atmosphère présente à proximité de l'événement de respiration du réservoir.

4. Détermination des zones à risque

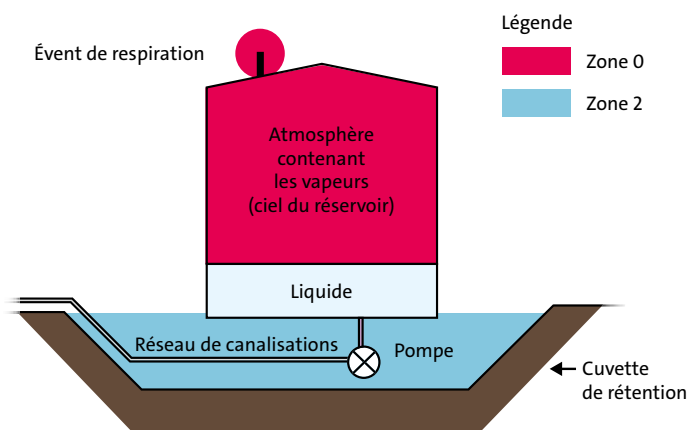
L'analyse du procédé et des dysfonctionnements potentiels conduit à retenir les classements de zones à risque d'explosion suivants.

4.1 Cas d'un réservoir sous air contenant un liquide stocké à une température supérieure à son point d'éclair

Tableau n°13 : Proposition de classement en zones à risque d'explosion pour un réservoir sous air contenant un liquide stocké à une température supérieure à son point d'éclair.

▼ Emplacement	Type de zone	Remarques
Ciel du réservoir »	Zone 0	
Emplacement situé à proximité de l'événement de respiration du réservoir »	Zone 0	Un classement en zone 1 peut aussi être retenu si la fréquence de remplissage du réservoir est suffisamment faible.
Totalité de la cuvette de rétention »	Zone 2	

Figure n°7 : Représentation des zones Atex dans le cas d'un réservoir de stockage d'un liquide combustible stocké à une température supérieure à son point d'éclair et des équipements associés (cas d'un réservoir non inerté).



4.2 Cas d'un réservoir inerté contenant un liquide stocké à une température supérieure à son point d'éclair

Le dimensionnement de la zone identifiée à proximité de l'événement de respiration du réservoir comme de celle qui se forme en cas d'épandage de liquide peut être effectué d'après les phénomènes à l'origine de la formation des atmosphères explosives

Figure n°8 : Représentation des zones Atex dans le cas d'un réservoir de stockage d'un liquide combustible stocké à une température supérieure à son point d'éclair et des équipements associés (cas d'un réservoir inerté).

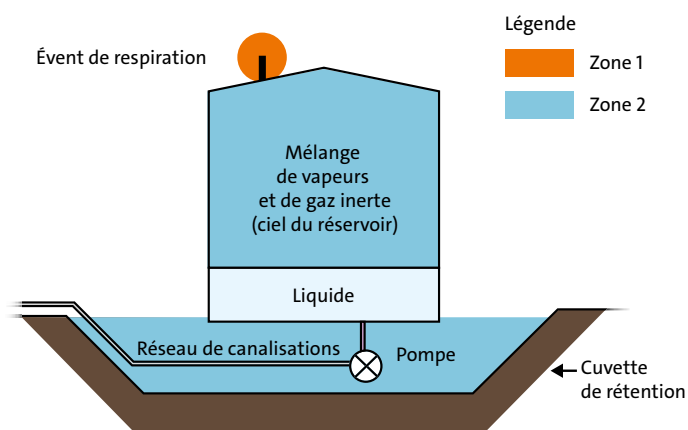


Tableau n°14 : Proposition de classement en zones à risque d'explosion pour un réservoir inerté contenant un liquide stocké à une température supérieure à son point d'éclair.

▼ Emplacement	Type de zone	Remarques
Ciel du réservoir »	Zone 2	En cas de mesure garantissant l'inertage du réservoir, un déclassement de zone peut être effectué.
Emplacement situé à proximité de l'évent de respiration du réservoir »	Zone 1	Un classement en zone 1 (voir Tableau n°13 du § 4.1) doit être retenu sauf si la proportion gaz inerte/ vapeurs du mélange émis au niveau de l'évent est suffisamment grande pour que ce mélange soit ininflammable dans l'air et qu'une atmosphère explosive ne puisse se former qu'en cas de dysfonctionnement de l'inertage. Dans ce cas, un classement en zone 2 peut être retenu.
Totalité de la cuvette de rétention »	Zone 2	Selon le point d'éclair du liquide et la surface de la flaque, le volume de la zone peut être inférieur au volume de la cuvette.

et en tenant compte de caractéristiques propres au liquide (point d'éclair) et aux installations (débit de la pompe de remplissage du réservoir). Il existe également plusieurs documents normatifs ou émanant de syndicats professionnels qui proposent des délimitations de zones de façon empirique, dite forfaitaire.

5. Mesures de prévention et de protection

L'atmosphère explosive peut être supprimée dans le ciel du réservoir par l'usage d'un toit flottant à la conception (voir "Analyse fonctionnelle", page 48). Lorsqu'une atmosphère explosive est présente dans le réservoir sous air, en cas d'inflammation de l'atmosphère explosive présente à l'extérieur, il faut empêcher la propagation d'une flamme à l'intérieur du réservoir. Ceci peut être obtenu par l'installation d'un arrête-flamme à l'extrémité de l'évent de respiration du réservoir.



6. Exemple de tableau d'évaluation du risque (cas d'un réservoir de stockage non inerté, non chauffé et sans toit flottant)

ANALYSE PRÉLIMINAIRE					
► Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	► Équipement ► Phases de travail ► Phases du procédé ► Activités ► Dysfonctionnements prévisibles...	► Zonage initial		► Identification des sources d'inflammation <i>Type et conditions de présence (fonctionnement normal, maintenance, dysfonctionnement...)</i>	
		Localisation	Type de zone, dimensionnement		
► Stockage à température ambiante d'un liquide inflammable (température de stockage supérieure au point d'éclair du liquide)	► Intérieur du réservoir	► Ciel gazeux	► Zone 0, tout le ciel	► Étincelles d'origine électrostatique (dysfonctionnement) ► Étincelles électriques provenant d'un appareil installé dans le réservoir (jauge de niveau...) ou surface chaude de cet appareil (appareil non adapté) ► Particules incandescentes ou travaux par points chauds (maintenance)	
	► Extérieur du réservoir	► Événement de respiration	► Zone 0, sphère de rayon 2 m centrée sur l'événement	► Foudre ► Étincelles d'origine électrostatique (dysfonctionnement) ► Particules incandescentes ou étincelles générées par des travaux par points chauds (maintenance)	
		► Cuvette de rétention	► Zone 2, tout le volume de la cuvette	► Étincelles d'origine électrostatique (dysfonctionnement) ► Étincelles électriques provenant d'un appareil installé dans la cuvette (pompe, détecteur de présence de liquide...) ou surface chaude de cet appareil (appareil non adapté) ► Particules incandescentes ou étincelles générées par des travaux par points chauds (maintenance)	



ÉVALUATION DU RISQUE

Fréquence d'apparition du risque d'explosion				Gravité du risque d'explosion	
► Mesures de prévention mises en place		► Zonage après prise en compte des mesures existantes		► Facteur d'exposition	► Systèmes de protection contre les explosions
Nature des mesures	Maîtrise, efficacité, pérennité	Localisation	Type de zone, dimensionnement		
► Pas de mesure		► Ciel gazeux	► Zone 0, tout le ciel	► Possibilité de présence d'opérateur (ronde de surveillance)	► Installation non protégée
► Pas de mesure		► Évent de respiration	► Zone 0, sphère de rayon 2 m centrée sur l'évent	► Pas d'opérateur à proximité de l'évent sauf en maintenance	► Installation non protégée
► Pas de mesure		► Cuvette de rétention	► Zone 2, tout le volume de la cuvette	► Possibilité de présence d'opérateur (ronde de surveillance)	► Installation non protégée

MESURES COMPLÉMENTAIRES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION

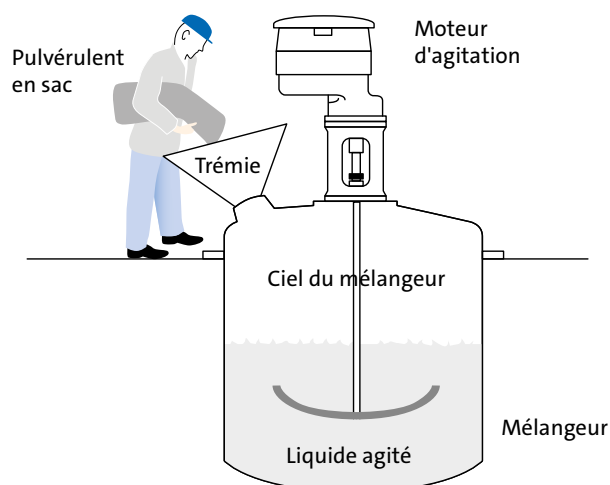
	► Dispositions complémentaires ou d'amélioration à mettre en œuvre	► Suivi (décisions, suites à donner...)	
		Mesures retenues	Améliorations attendues, commentaires
	► Inertage du réservoir ► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone Atex ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► Inertage du réservoir ► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone Atex ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► L'inertage permet d'éviter la présence d'une Atex en fonctionnement normal (une défaillance de l'inertage n'est toutefois pas exclue, une zone 2 pourra dans ce cas être retenue). Attention cependant au risque d'hypoxie dans le réservoir et à proximité de ses ouvertures ainsi qu'au niveau du stockage et de l'approvisionnement en gaz d'inertage ► Les autres dispositions permettent de réduire la probabilité d'inflammation par étincelles électriques, étincelles d'origine électrostatique, surface chaude d'un appareil, flamme nue et particules incandescentes
	► Installation d'un arrête-flamme à l'extrémité de l'évent de respiration ► Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone Atex ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► Installation d'un arrête-flamme à l'extrémité de l'évent de respiration ► Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone Atex ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► L'arrête-flamme permet d'éviter la propagation d'une flamme de l'extérieur vers l'intérieur du réservoir par l'évent de respiration ► Les autres dispositions permettent de réduire la probabilité d'inflammation par étincelles électriques, étincelles d'origine électrostatique, surface chaude d'un appareil, flamme nue et particules incandescentes ► L'inertage du réservoir ne permet pas toujours d'éviter la formation d'une Atex par dilution à l'air du mélange inerte/combustible à l'extrémité de l'évent. Ceci dépend des caractéristiques du combustible et de la quantité d'oxygène résiduelle. Le déclassement vers une zone 1 ou 2 peut être envisagé
	► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone Atex ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre ► Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone Atex ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► Les dispositions retenues permettent de réduire la probabilité d'inflammation par étincelles électriques, étincelles d'origine électrostatique, surface chaude d'un appareil, flamme nue et particules incandescentes

C. Introduction d'un produit pulvérulent combustible dans un mélangeur contenant un solvant inflammable

1. Analyse fonctionnelle

Dans bien des industries, il arrive que la préparation d'un produit comprenne une étape qui consiste à mélanger des constituants liquides et solides dans un mélangeur (voir Figure n°9). Parmi les constituants du mélange, il est fréquent que les liquides mis en œuvre soient des solvants inflammables et que certains solides soient des pulvérulents combustibles. Enfin, ces pulvérulents sont souvent introduits manuellement par un opérateur qui les déverse à partir de sacs, par la trappe ouverte d'un mélangeur contenant déjà une phase liquide maintenue agitée. Le retour d'expériences d'accidents survenus lors de l'exploitation de tels mélangeurs montre qu'il est relativement fréquent que l'opérateur soit plus ou moins gravement brûlé, à la suite de l'inflammation de l'atmosphère explosive présente lors de l'opération d'introduction.

Figure n°9 : Schéma de principe d'un mélangeur en cours de chargement par un opérateur.



2. Identification des atmosphères explosives potentielles

Si le solvant mis en œuvre a un point d'éclair inférieur à la température ambiante (ou si le liquide est chauffé à une température supérieure à son point d'éclair) et si le mélangeur est sous air, il faut considérer que l'atmosphère qui surmonte le liquide constitue une atmosphère explosive constituée de ses vapeurs.

Si au contraire le mélangeur est inerté, aucune atmosphère explosive ne sera présente à l'intérieur du mélangeur. Si des dispositions sont prises pour garantir le fonctionnement du système d'inertage (mesure de la concentration en oxygène ou du débit d'inerte injecté et contrôle de l'étanchéité au vide associés à l'arrêt du procédé), il est possible de ne pas identifier de zone à risque de formation d'atmosphère explosive dans le ciel du réservoir (zone Atex maîtrisée). En revanche, en l'absence de ces moyens de contrôle de l'efficacité de l'inertage, il est nécessaire de retenir une zone 2 à l'intérieur du mélangeur.

Dans les deux cas, que le mélangeur soit inerté ou non, une atmosphère explosive gaz/vapeurs est présente à proximité de la trappe ouverte, voire dans la totalité de la trémie, au moment où l'opérateur introduit les pulvérulents combustibles (l'introduction du solide va pousser une partie du ciel du mélangeur vers l'extérieur).

Par ailleurs, le déversement manuel du pulvérulent combustible dans le mélangeur va entraîner la formation d'un nuage dans la trémie et dans le volume extérieur immédiat de celle-ci, ainsi qu'à l'intérieur du mélangeur. Trois atmosphères explosives "poussière" sont donc à caractériser.

3. Identification des sources d'inflammation potentielles

Différentes sources d'inflammation sont susceptibles de se présenter, en fonctionnement normal ou en cas de dysfonctionnement, et d'enflammer les atmosphères explosives présentes. C'est le cas en particulier des étincelles d'origine électrostatique associées à la présence de l'opérateur ou encore à l'opération de déversement du produit pulvérulent qui génère des charges électrostatiques.

Il faut également envisager un dysfonctionnement du moteur d'agitation (étincelles ou échauffement principalement) ou de l'éventuel système de chauffage du liquide contenu dans le mélangeur.

4. Détermination des zones à risque

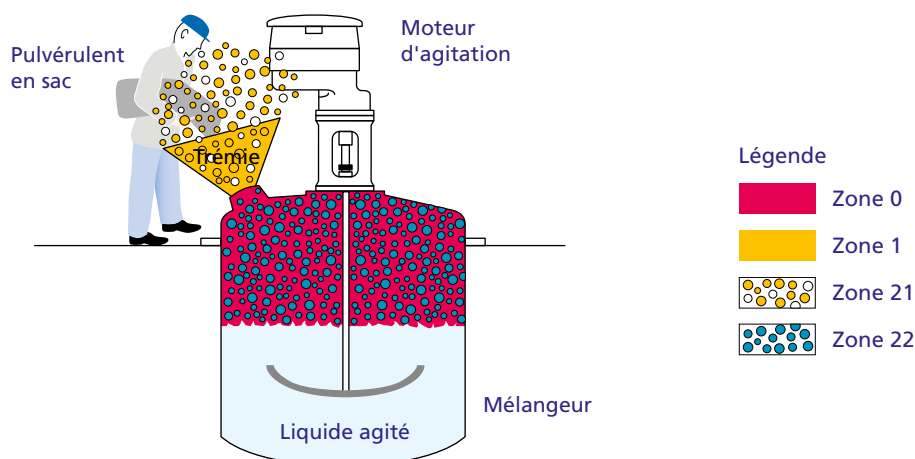
L'analyse du procédé et des dysfonctionnements potentiels conduit à retenir les classements de zones à risque d'explosion suivants.

4.1 Cas d'un mélangeur non inerté

Tableau n°15 : Proposition de classement en zones à risque pour un mélangeur non inerté.

▼ Emplacement	Type de zone	Remarques
Volume interne du mélangeur >>	Zone 0 Zone 22	La zone 22 est présente si la totalité de la poudre est versée immédiatement.
Intérieur de la trémie d'introduction >>	Zone 1 Zone 21	La zone 1 identifiée dans la trémie de chargement du mélangeur ne s'étend pas, dans le cas général, au-delà du volume de cette trémie. En fonction de l'étanchéité entre la trémie et le mélangeur ainsi que de la fréquence et de la durée d'ouverture du mélangeur, une zone 0 peut être identifiée.
Volume extérieur immédiat de la trémie >>	Zone 21	

Figure n°10 : Représentation des zones ATEX lors d'une opération de chargement d'un mélangeur (cas d'un mélangeur non inerté).

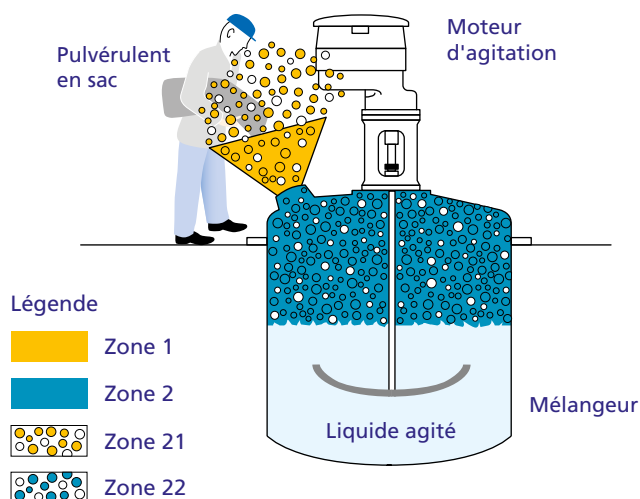


4.2 Cas d'un mélangeur inerté

Tableau n°16 : Proposition de classement en zones à risque pour un mélangeur inerté.

▼ Emplacement	Type de zone	Remarques
Volume interne du mélangeur >>	Zone 2 Zone 22	Zone 2 car une atmosphère explosive peut se former en cas de dysfonctionnement du système d'inertage, mais déclassé si ce système est absolument fiable.
Intérieur de la trémie d'introduction >>	Zone 1 Zone 21	La zone 1 identifiée dans la trémie de chargement du mélangeur ne s'étend pas, dans le cas général, au-delà du volume de cette trémie. Le retour d'expérience d'accidents montre que, même quand le mélangeur est inerté, il arrive que l'opérateur soit brûlé par les effets thermiques qui résultent d'une inflammation de l'atmosphère explosive qui s'est formée dans la trémie et dans son environnement direct.
Volume extérieur immédiat de la trémie >>	Zone 21	

Figure n°11 : Représentation des zones ATEX lors d'une opération de chargement d'un mélangeur (cas d'un mélangeur inerté).



5. Mesures de prévention et de protection

Compte tenu de sa présence au-dessus de la trémie, l'opérateur est très vulnérable aux effets thermiques produits par l'inflammation de l'atmosphère explosive formée (sans compter l'exposition aux vapeurs de solvant et aux poussières), il est donc indispensable de mettre en place des mesures de prévention et de protection.

Une première mesure de prévention consiste à substituer le pulvérulent par le même produit sous forme de granulés. Ensuite, il est possible d'inerté le mélangeur, afin d'empêcher qu'une atmosphère explosive puisse s'y former (attention toutefois au risque d'hypoxie lié à l'éventuelle baisse de la concentration en oxygène au niveau des voies respiratoires de l'opérateur). Cependant, cette mesure n'est pas suffisante puisqu'elle ne permet pas d'éviter l'inflammation de l'atmosphère explosive qui se forme dans la trémie ou dans le volume extérieur immédiat de celle-ci. Elle doit donc être complétée par une mesure de protection destinée à isoler l'opérateur de l'atmosphère explosive qui se forme lors de l'opération d'introduction.

Le mélangeur doit notamment être équipé d'un dispositif d'introduction adapté, par exemple :

- une canne plongeante aspirante permettant le transfert direct de la poudre de son contenant au niveau de la surface du liquide dans le mélangeur ;
- un sas équipé de deux vannes pilotées. La procédure d'introduction consiste alors à introduire manuellement le pulvérulent dans le sas préalablement inerté, à inerté à nouveau le sas dans lequel de l'air a été introduit avec le pulvérulent, puis à transférer le pulvérulent du sas dans le mélangeur par ouverture de la vanne inférieure ;
- un captage à la source (type anneau de Pouyès), permettant d'aspirer les poussières mises en suspension lors du versement.

6. Exemple de tableau d'évaluation des risques

Cas d'un mélangeur inerté

(tableau page suivante)



6. Exemple de tableau d'évaluation du risque (cas d'un mélangeur inerté)

ANALYSE PRÉLIMINAIRE					
► Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	► Équipement ► Phases de travail ► Phases du procédé ► Activités ► Dysfonctionnements prévisibles...	► Zonage initial		Identification des sources d'inflammation <i>Type et conditions de présence (fonctionnement normal, maintenance, dysfonctionnement...)</i>	
		Localisation	Type de zone, dimensionnement		
► Introduction d'un pulvérulent combustible dans un mélangeur contenant un solvant inflammable (dont le point d'éclair est inférieur à la température ambiante)	► Intérieur du mélangeur	► Ciel gazeux	► Zone 0, tout le ciel ► Zone 22, tout le ciel	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal, liées au transfert de la poudre générant des charges électrostatiques) ► Particules incandescentes ou travaux par points chauds (maintenance) ► Surface chaude d'origine mécanique liée à la rotation de l'agitateur (dysfonctionnement)	
	► Intérieur de la trémie d'introduction	► Tout le volume de la trémie	► Zone 1, tout le volume ► Zone 21, tout le volume	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal, liées au transfert de la poudre générant des charges électrostatiques) ► Étincelles d'origine électrostatique provenant de l'opérateur (fonctionnement normal) ► Particules incandescentes ou travaux par points chauds (maintenance)	
	► Poste de chargement manuel	► Emplacement situé au-dessus de la trémie d'introduction	► Zone 21, hémisphère de 0,5 à 1 m de rayon	► Étincelles d'origine électrostatique (fonctionnement normal, liées au transfert de la poudre générant des charges électrostatiques) ► Échauffement de la surface ou étincelles électriques liées au moteur de l'agitateur (dysfonctionnement) ► Étincelles d'origine électrostatique provenant de l'opérateur (fonctionnement normal) ► Particules incandescentes ou travaux par points chauds (maintenance)	

ÉVALUATION DU RISQUE

Fréquence d'apparition du risque d'explosion				Gravité du risque d'explosion	
Mesures de prévention mises en place		Zonage après prise en compte des mesures existantes		Facteur d'exposition	Systèmes de protection contre les explosions
Nature des mesures	Maîtrise, efficacité, pérennité	Localisation	Type de zone, dimensionnement		
► Inertage du mélangeur à l'azote ► Asservissement de l'agitation à la mesure de la concentration en oxygène ► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre	► Mesure en continu de la concentration en oxygène dans le mélangeur; maintenance et vérification périodique du système ► Vérification périodique de l'efficacité des mises à la terre	► Ciel gazeux	► Zone 2, tout le ciel ► Zone 22, tout le ciel	► Possibilité de présence d'opérateur (opération de versement de la poudre)	► Installation non protégée
► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre	► Vérification périodique de l'efficacité des mises à la terre	► Tout le volume de la trémie	► Zone 1, tout le volume ► Zone 21, tout le volume	► Poste fixe à proximité	► Installation non protégée
► Équipotentialité entre tous les éléments conducteurs et mise à la terre	► Vérification périodique de l'efficacité des mises à la terre	► Emplacement situé au-dessus de la trémie d'introduction	► Zone 21, hémisphère de 0,5 à 1 m de rayon	► Poste fixe à proximité	► Installation non protégée

MESURES COMPLÉMENTAIRES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION

► Dispositions complémentaires ou d'amélioration à mettre en œuvre	► Suivi (décisions, suites à donner...)	
	Mesures retenues	Améliorations attendues, commentaires
► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance ► Réserve de secours de gaz d'inertage ► Distance suffisante entre les parois du mélangeur et les pales de l'agitateur pour limiter les échauffements	► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance ► Réserve de secours de gaz d'inertage ► Distance suffisante entre les parois du mélangeur et les pales de l'agitateur pour limiter les échauffements	► Les dispositions permettent de réduire la probabilité d'inflammation par particules incandescentes ou points chauds ► La garantie du fonctionnement du système d'inertage permet de déclasser la zone
► Modification du poste de travail par mise en place d'un sas muni d'une aspiration à la source pour l'introduction du pulvérulent ► Définition de bonnes pratiques pour éviter la mise en suspension des poussières lors du versement ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► Modification du poste de travail par mise en place d'un sas muni d'une aspiration à la source pour l'introduction du pulvérulent ► Définition de bonnes pratiques pour éviter la mise en suspension des poussières lors du versement ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► La zone liée à la présence de vapeurs inflammables disparaît dans le sas ; en revanche, il faut conserver une zone 22 à l'intérieur du sas ► Les dispositions permettent de réduire la probabilité d'inflammation par particules incandescentes ou points chauds
► Modification du poste de travail par mise en place d'un sas muni d'une aspiration à la source pour l'introduction du pulvérulent ► Définition de bonnes pratiques pour éviter la mise en suspension des poussières lors du versement ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu) ► Remplacement du moteur de l'agitateur par un moteur en adéquation avec la zone	► Modification du poste de travail par mise en place d'un sas muni d'une aspiration à la source pour l'introduction du pulvérulent ► Définition de bonnes pratiques pour éviter la mise en suspension des poussières lors du versement ► Procédure d'autorisation de travail pour les opérations de maintenance (dont permis de feu)	► Le remplacement du moteur n'est pas retenu car la modification du poste de travail permet d'éviter la présence de l'Atex "poussières" ► Suppression des zones Atex dans le cas où les mesures sont fiabilisées et pérennisées

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur ■

www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier ■

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS. Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

La Communauté européenne a adopté deux directives relatives à la prévention des risques liés aux atmosphères explosives (dites « directives Atex »). La mise en œuvre de ces deux textes soulève de nombreuses questions. Cette édition mise à jour a pour objectif de fournir les éléments nécessaires à la mise en œuvre de cette réglementation en présentant une démarche d'évaluation des risques Atex, ainsi que quelques mesures de prévention ou de protection contre le risque d'explosion. Trois exemples détaillés d'évaluation figurent en fin de document pour mieux guider le lecteur.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 945

4^e édition | décembre 2020 | 3 000 ex. | ISBN 978-2-7389-2620-3

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie / Risques professionnels

www.inrs.fr   