

Analyse des risques ATEX

La Sécurité.

Salon PREVENTICA
13 Octobre 2015, LYON

Sébastien EVANNO, Référent Sécurité des Procédés
Direction des Risques Accidentels
sebastien.evanno@ineris.fr

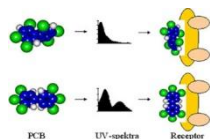
L'INERIS accompagne l'évaluation et la maîtrise des risques...

- 600 personnes, dont 350 ingénieurs et chercheurs
- Installations expérimentales à grande échelle et 30 000 m² de laboratoires et halles d'essais

Une synergie entre appui aux politiques publiques (39 M€), activités de recherche (13 M€) et services aux entreprises (17 M€)

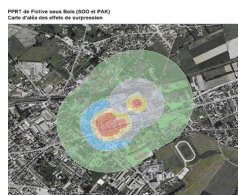
...Sanitaires et environnementaux

toxicité, exposition, impact



...Accidentels et phénomènes

danger, probabilité, gravité



...Comportement sol et sous-sol

aléa, vulnérabilité, désordre



...Evaluation et certification

conformité, référentiels,



INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

1. Rappel réglementaire

2. Evaluation des risques :

- Méthodologie proposée par INERIS
- Notion d'emplacement dangereux et de zones ATEX

3. Cas d'une fuite de gaz inflammable

4. Conclusion

1. Rappel réglementaire

Protection des travailleurs vis-à-vis des risques d'explosion

Réglementation européenne :



 Directive **ATEX 1999/92/CE** sur la protection des travailleurs exposés aux risques des ATEX

« 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 »

Réglementation française :



 **Transposition en 2002 dans le Code du travail** sur les lieux de travail








maîtriser le risque
pour un développement durable

Protection des travailleurs vis-à-vis des risques d'explosion

Réglementation française : Code du Travail



-  2 décrets 2002-1553 et 2002-1554 sur les dispositions concernant la prévention des explosions dans les lieux de travail
-  Arrêté du 8 juillet 2003 sur la signalisation des zones ATEX
-  Arrêté du 8 juillet 2003 complétant les dispositions sur la protection des travailleurs exposés aux risques des ATEX et sur le classement en zones ATEX
-  Arrêté du 28 juillet 2003 modifiant les conditions d'installation des matériels électriques en zone ATEX
-  Circulaire du 6 août 2003 commente l'arrêté du 28 juillet 2003

Protection des travailleurs vis-à-vis des risques d'explosion

OBJECTIFS de la réglementation ATEX 1999/92/CE :

Aux fins de la prévention des explosions de la protection contre celles-ci, l'employeur prend les mesures techniques et/ou organisationnelles appropriées au type d'exploitation, par ordre de priorité et sur la base des principes suivants :

— **empêcher la formation d'atmosphères explosibles** ou, si la nature de l'activité ne le permet pas,

— **éviter l'inflammation d'atmosphères explosibles,**

et

— **atténuer les effets nuisibles d'une explosion** dans l'intérêt de la santé et de la sécurité des travailleurs. Au besoin, ces mesures sont combinées avec des **mesures contre la propagation des explosions.**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Protection des travailleurs vis-à-vis des risques d'explosion

Réglementation ATEX 1999/92/CE : OBLIGATIONS DE L'EMPLOYEUR

- 1) **Évaluation** des risques d'explosion
- 2) **Classification** des emplacements où des ATEX peuvent se former
- 3) Dispositions particulières pour les **équipements et matériels**
- 4) Mesure de **prévention** des explosions et de **protection** contre leurs effets
- 5) Mesures **organisationnelles**
- 6) **Document** relatif à la protection contre les explosions (DRPCE)

Évaluation des risques d'explosion

« L'employeur évalue les risques spécifiques créés par des atmosphères explosives, en tenant compte au moins :

- de la probabilité que des atmosphères explosives se présenteront et persisteront,
- de la probabilité que des sources d'inflammation, y compris des décharges électrostatiques, seront présentes et deviendront actives et effectives,
- des installations, des substances utilisées, des procédés et de leurs interactions éventuelles,
- de l'étendue des conséquences prévisibles.

Il est tenu compte, pour l'évaluation des risques d'explosion, des emplacements qui sont, ou peuvent être, reliés par des ouvertures aux emplacements où des atmosphères explosives ».

Aucune méthode d'évaluation des risques n'est fournie.

Il n'est pas précisé comment les **probabilités** d'inflammation des ATEX, ni les **conséquences** doivent être évaluées.

2. Evaluation des risques

Protection des travailleurs vis-à-vis des risques d'explosion

- Les risques spécifiques associés aux ATEX doivent être évalués et gérés depuis 2006, afin d'assurer la santé et la sécurité des travailleurs
 - ✓ Prévention de la formation des ATEX
 - ✓ Elimination des sources d'inflammation
 - ✓ Réduction des effets néfastes des explosions
- Les emplacements dans lesquels des ATEX dangereuses peuvent se former doivent être classés en zones, en fonction de la fréquence et de la durée de présence.

Méthode analytique : données d'entrée

Etapas A.R. analytique ATEX	Objectif	Nécessite
Connaître les matières mises œuvre, produites et sous produites	Présélectionner équipements /emplacements à risques	Phénoménologie, Caractérisation, connaissance technique
Connaître le fonctionnement d'un procédé/travail réalisé à un emplacement	Identification zones ATEX 0,1, 20, 21	Connaissance technique, réglementation ATEX
Identifier les dysfonctionnements prévisibles	Identification zones ATEX 2, 22	Connaissance technique, réglementation ATEX
Identifier les sources d'inflammations potentielles	Probabilité d'inflammation Probabilité d'explosion	Connaissances technique et des marquages
Identifier le potentiel de danger direct et indirect	Gravité d'explosion	Phénoménologie, connaissance installations
Proposer des améliorations (prévention, protection)	Diminuer Probabilité et/ou Gravité d'explosion	Connaissance technique, connaissance de barrières techniques ou organisationnelles

Classement en zones ATEX (arrêté du 8 juillet 2003)

Zone 0	Gaz, vapeurs, brouillards	ATEX est présente permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment
Zone 20	Poussières	
Zone 1	Gaz, vapeurs, brouillards	ATEX susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal
Zone 21	Poussières	
Zone 2	Gaz, vapeurs, brouillards	ATEX non susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée
Zone 22	Poussières	



« *fonctionnement normal* » signifie que les installations sont utilisées conformément à leurs paramètres de conception

Remarque : le classement en zones ATEX ne tient pas compte des sources d'inflammation

ATEX ive = ATEXible (classement de zones) + source d'inflammation active

Emplacement dangereux

Art 1^{er} de l'arrêté 08/07/2003 : Un emplacement dangereux est un emplacement où il est probable qu'une ATEX peut se présenter en quantités telles que des précautions spéciales sont nécessaires en vue de protéger la sécurité et la santé des travailleurs concernés.

Un emplacement dangereux est un emplacement où une « ATEX dangereuse » peut se former où la santé et la sécurité des opérateurs est en jeu.

Seul doit être classé en zone ATEX, un emplacement dangereux où se forme une ATEX dangereuse.

La 1^{ère} étape de classement de zone ATEX est d'identifier les sources de dégagement, l'efficacité et la disponibilité de la ventilation.

Emplacement dangereux

Critères de dangerosité d'une « ATEX dangereuse » :

- C'est la quantité d'ATEX, c'est-à-dire son volume, qui conditionne sa dangerosité : un volume d'ATEX inférieur à 1 L n'a pas à être considéré comme dangereux,
- C'est le confinement de l'ATEX (par extenso la résistance mécanique de l'enceinte en mbar) qui va amplifier la violence d'explosion et donc les effets de surpressions :
 - le seuil des effets irréversibles indirects sur l'homme est atteint pour un seuil de pression de 20 mbar (projection de vitres coupantes avec contact indirect sur l'homme),
 - le seuil des effets irréversibles directs sur l'homme est atteint pour un seuil de pression de 50 mbar (mise en mouvement des individus ou projection de fragments divers),
 - le seuil des premiers effets létaux sur l'homme est atteint pour un seuil de pression de 140 mbar (risque d'écrasement ou de choc de fragments massifs de maçonnerie ou de béton non renforcé),
 - Le seuil des effets létaux significatifs directs sur l'homme est atteint pour un seuil de pression de 200 mbar (hémorragie pulmonaire)
- Une inflammation d'un volume d'ATEX à l'air libre et non confiné va générer une boule de feu de quelques secondes (dont le volume correspond à 8-10 fois le volume de l'ATEX) avec principalement des effets thermiques sur l'homme (blessures légères à graves, voire mortelles selon le volume de l'ATEX et l'exposition du travailleur).

Norme NF EN 60079-10-1

Norme NF EN 60079-10-1 (Classement des Emplacements - Atmosphères Explosives gazeuses, Mai 2009) indique une méthode pour le classement de zones ATEX gaz et vapeurs inflammables :

- identifier le degré de dégagement de gaz inflammable, identifier s'il s'agit d'un degré de dégagement continu, primaire ou secondaire,
- évaluer le degré et la disponibilité de la ventilation existante.

Les trois degrés de ventilation suivants :

Elevé : La concentration à proximité de la source de dégagement diminue rapidement ($< \text{LIE}$) et la persistance a pratiquement disparu à l'issue du dégagement.

Moyen : La concentration est maîtrisée, ce qui conduit à une limite de zone stable, pendant le dégagement, et l'atmosphère explosive gazeuse ne persiste pas de façon indue à l'issue du dégagement.

Faible : Présence d'une concentration significative pendant le dégagement et/ou d'une persistance importante d'une atmosphère inflammable à l'issue du dégagement.

Norme NF EN 60079-10-1

Norme NF EN 60079-10-1 (Classement des Emplacements - Atmosphères Explosives gazeuses, Mai 2009) indique une méthode pour le classement de zones ATEX gaz et vapeurs inflammables :

Les trois disponibilités de ventilation suivantes :

Bonne : La ventilation existe pratiquement en permanence.

Assez Bonne : La ventilation existe pendant le fonctionnement normal. Des interruptions sont permises, pourvu qu'elles se produisent de façon peu fréquente et pour de courtes périodes.

Médiocre : La ventilation ne satisfait pas aux notions de ventilation bonne et assez bonne, toutefois, on ne prévoit pas qu'il y ait des interruptions prolongées.

Selon le degré et le niveau de la disponibilité de la ventilation et si la source de dégagement est liée à un dysfonctionnement (fuite de gaz inflammable), la norme précise s'il faut définir une zone ATEX 0, 1 2 ou une zone non classée.

Norme NF EN 60079-10-1

27-03-15_31J-60079-10-1-Ed2-IS-FDIS-OE_(FR)_trad_ctrl_2015-03-13_HSE_vBPi_vSEv.pdf - Adobe Reader

Fichier Edition Affichage Fenêtre Aide

Tableau D.1 – Zones correspondant au degré de dégagement et efficacité de la ventilation

Degré de dégagement	Efficacité de la ventilation						
	Dilution élevée			Dilution moyenne			Dilution faible
	Disponibilité de la ventilation						
	Bonne	Assez bonne	Médiocre	Bonne	Assez bonne	Médiocre	Bonne, assez bonne ou médiocre
Continu	Non dangereuse (Zone 0 EN) ^a	Zone 2 (Zone 0 EN) ^a	Zone 1 (Zone 0 EN) ^a	Zone 0	Zone 0 + Zone 2	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Primaire	Non dangereuse (Zone 1 EN) ^a	Zone 2 (Zone 1 EN) ^a	Zone 2 (Zone 1 EN) ^a	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 ou zone 0 ^c
Secondaire^b	Non dangereuse (Zone 2 EN) ^a	Non dangereuse (Zone 2 EN) ^a	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1 et même Zone 0 ^c

^a Zone 0 EN, Zone 1 EN ou Zone 2 EN indique une zone théorique dont l'étendue est négligeable dans les conditions normales.

^b L'emplacement en Zone 2 créé par un degré « dégagement secondaire » peut dépasser celui correspondant à un degré « dégagement primaire » ou à un degré « dégagement continu », auquel cas, il convient de prendre la plus grande distance.

^c correspond à la Zone 0 si la ventilation est très faible et le dégagement tel qu'en pratique une atmosphère explosive gazeuse est présente de façon pratiquement permanente (c'est-à-dire que la situation est proche d'une situation d'absence de ventilation).

Le signe "+" signifie "entouré par".

La disponibilité de la ventilation dans des espaces clos à ventilation naturelle ne doit jamais être considérée comme étant bonne.

Norme NF EN 60079-10-2

Norme NF EN 60079-10-2 (Classement des Emplacements - Atmosphères Explosives poussiéreuses, Octobre 2009) indique une méthode pour le classement de zones ATEX gaz et vapeurs inflammables :

Procédure de classification des emplacements d'ATEX poussiéreuse :

- connaître la combustibilité ou non de la poussière,
- Identifier les sources de mises en suspension de poussière dans le procédé,
- Identifier les confinements de poussières,
- Régime d'exploitation et de maintenance de l'installation,
- Définir la probabilité que la poussière se dégage et leur durée de présence

Source : Norme EN 1127-1

- réactions exothermiques incluant la fermentation et l'auto-inflammation
- surfaces chaudes, flammes et gaz chauds (incluant les particules chaudes)
- étincelles d'origine mécanique
- appareils électriques
- courants électriques "vagabonds"
- électricité statique
- foudre
- rayonnement haute fréquence
- rayonnement optique, rayonnement ionisant
- ultrasons
- compression adiabatique

Dispositions particulières pour les équipements et matériels situés en zones ATEX : arrêté du 8 juillet 2003

Critères de sélection des appareils :

- Les appareils installés en zone ATEX doivent être conformes aux catégories prévues par le décret du 10 novembre 1996 modifié (transposition de la directive ATEX 94/9/CE) :
 - ✓ zones 0 et 20 : catégorie 1 (G/D)
 - ✓ zones 1 et 21 : catégorie 1 ou 2 (G/D)
 - ✓ zones 2 et 22 : catégorie 1,2 ou 3 (G/D)

La mise en œuvre de matériels électriques et non électriques en zones ATEX doivent être certifiés ATEX selon les normes ATEX harmonisées.

Mode de protection des appareils électriques :

- ATEX gaz & vapeurs : séries des Normes IEC / EN 60079
- ATEX poussières : séries des Normes IEC/EN 61241

Mode de protection des appareils non électriques :

- ATEX gaz & vapeurs, poussières : séries des Normes IEC / EN 13463

Questions utiles pour l'évaluation des risques

- Quelles sont les possibilités de mélange combustible/air ?
- Dans quels emplacements et dans quelles conditions ?
- A quel classement de zone ATEX ces conditions correspondent-elles ?
- Quelles sont les sources d'inflammation possibles de ces ATEX ?
- Quels seraient les effets de l'inflammation de ces ATEX ? (destruction ou non des équipements, blessures possibles des personnes ...)
- Quelles mesures de prévention peut-on envisager ?
- Quelles mesures de protection sont possibles ?

Mesures organisationnelles de sécurité

Mesures organisationnelles

Arrêté du 8 juillet 2003 :

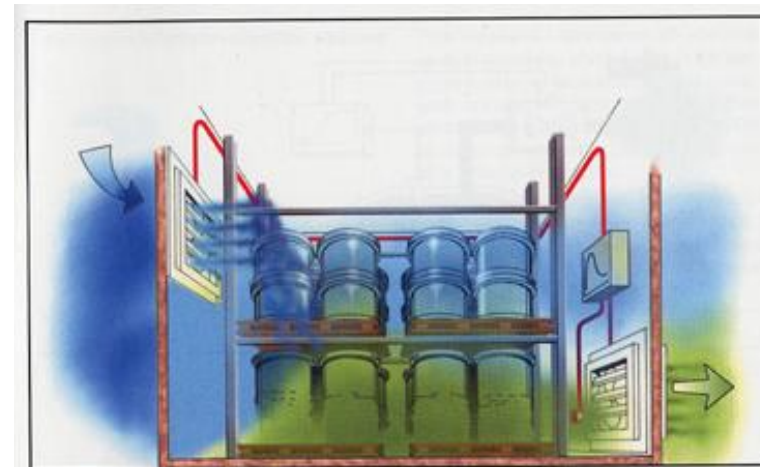
- ✓ formation des travailleurs exposés aux risques d'explosion
- ✓ instructions écrites et autorisation d'exécuter certains travaux (procédures, permis de feu ...)
- ✓ consignes (nettoyage, maintenance préventive, contrôle régulier, coordination des travaux...)



Mesures techniques de sécurité

Arrêté du 8 juillet 2003 :

- Utilisation de détecteurs et d'alarme,
- Prévention de la formation des ATEX par la ventilation ou l'aspiration à la source et par un contrôle de l'atmosphère des locaux,
- Prévention de la formation des ATEX par inertage,
- Prévention de l'inflammation des ATEX par la suppression de toutes les sources d'inflammation actives (y compris celles d'origine électrostatique).
- Protection contre les effets des explosions au moyen de différents systèmes :
 - ✓ événements d'explosion, suppresseurs d'explosion,
 - ✓ systèmes d'isolement, arrête-flammes.



Grilles d'évaluation des risques proposée par INERIS

1 – Probabilité explosion

Source d'inflammation présente	Zone 20 ou 0	Zone 21 ou 1	Zone 22 ou 2	Non Classé
en fonctionnement normal	5	4	3	0
en cas de dysfonctionnement (matériel non ATEX, sources infl. ponctuelles ou aléatoires)	4	3	2	0
Très rarement (foudre sur site protégé, électricité statique générée par opérateur, ...)	3	2	1	0

2 – Gravité

Gravité	Description
3	décès
2	blessure grave à légère
1	Aucune blessure (risque domino possible toutefois, incendie notamment)

3 - Criticité

Gravité d'une explosion	Probabilité d'une explosion					
	5	4	3	2	1	0
3	7	6	5	4	3	0
2	6	5	4	3	2	0
1	5	4	3	2	1	0

3. Cas d'une fuite de gaz inflammable



Fuite de gaz inflammable

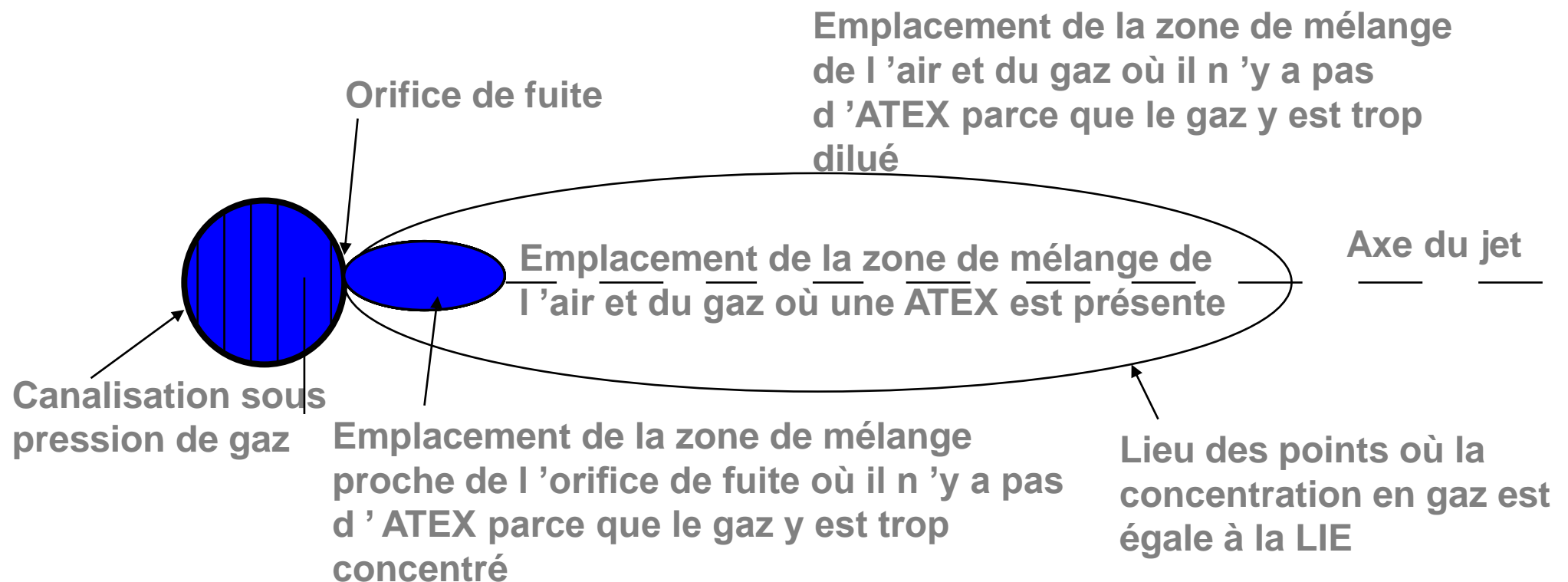
- Local contenant un réseau de canalisation de gaz sous pression (chaufferie,...)
- En fonctionnement normal, le gaz reste contenu dans le réseau et aucune ATEX ne se forme dans le local
- En cas de dysfonctionnement, le gaz peut être déchargé dans le local au niveau d'un orifice de fuite
- La présence d'une ATEX à proximité immédiate de l'orifice de fuite est certaine, mais le gaz se dilue rapidement dans l'air
- C'est l'analyse précise du phénomène physique de dilution du gaz par l'air ambiant qui permet de préciser les conditions de formation de l'ATEX

Fuite de gaz inflammable

- Une canalisation contenant un gaz inflammable sous la pression P et présentant un orifice de fuite circulaire de diamètre équivalent D (généralement sur bride, connexion, équipement de contrôle de flux ...)
- Le gaz est déchargé sous la forme d'un jet subsonique ou supersonique (supercritique) selon la valeur de P .
- Le gaz se mélange avec l'air dans les turbulences du jet et forme obligatoirement une ATEX, plus ou moins étendue.
- En champ libre (absence d'obstacles, air libre), sur l'axe du jet la concentration décroît hyperboliquement.

Fuite de gaz inflammable

L'ATEX (délimitée par les surfaces où la concentration est égale à la LSE et la LIE) a la forme d'un fuseau allongé



Fuite de gaz inflammable

- Régime permanent atteint très vite : les dimensions de l'ATEX ne dépendent pas du temps (= le volume de l'ATEX reste constant si la pression dans la canalisation reste constante)
- Les dimensions de l'ATEX ne dépendent que :
 - ✓ de la nature du gaz inflammable
 - ✓ de la pression de ce gaz dans la canalisation
 - ✓ de la section de l'orifice de fuite

Fuite de gaz inflammable

Application avec de l'hydrogène, calculs avec EXPLOJET

- ✓ $P = 3 \text{ bar}$
- ✓ $D = 0,1 \text{ mm}$
- distance à la LIE sur l'axe du jet = $0,06 \text{ m}$
- distance maximale à la LIE dans un plan perpendiculaire à l'axe du jet = $0,004 \text{ m}$
- volume de l'ATEX $\approx 2 \text{ mL}$

$P = 30 \text{ bar}$
 $D = 0,1 \text{ mm}$

$d_{\text{LIE}} x = 0,19 \text{ m}$
 $d_{\text{LIE}} y = 0,01 \text{ m}$
 $V_{\text{ATEX}} = 60 \text{ mL}$

$P = 300 \text{ bar}$
 $D = 0,1 \text{ mm}$

$d_{\text{LIE}} x = 0,6 \text{ m}$
 $d_{\text{LIE}} y = 0,04 \text{ m}$
 $V_{\text{ATEX}} = 2 \text{ L}$

$P = 3 \text{ bar}$
 $D = 2 \text{ mm}$

$d_{\text{LIE}} x = 1,21 \text{ m}$
 $d_{\text{LIE}} y = 0,08 \text{ m}$
 $V_{\text{ATEX}} = 15 \text{ L}$

$P = 300 \text{ bar}$
 $D = 2 \text{ mm}$

$d_{\text{LIE}} x = 12 \text{ m}$
 $d_{\text{LIE}} y = 0,8 \text{ m}$
 $V_{\text{ATEX}} = 15 \text{ m}^3$

Fuite de gaz inflammable

- En cas de confinement (pas ou peu de ventilation naturelle) il y aura une accumulation de gaz dans le local dans le temps.
- Si, pour un faible débit de fuite aucune ATEX dangereuse ne se formera à proximité de la fuite, une ATEX peut toutefois se former dans un local entier pas/peu ventilé.
- Le débit de ventilation nécessaire peut être estimable sur le débit d'une fuite classique, mais en pratique il est préférable d'installer des détecteurs avec deux seuils :
 - $LIE / 10$: débit de ventilation forcée (si ventilation mécanique) et procédure de maintenance afin de réparer l'origine de la fuite
 - $LIE / 4$: sortie du personnel, arrêt des équipements pour prévenir toute inflammation

4. Conclusion

L'analyse des risques ATEX doit être appliquée de façon précise et réaliste

- d'utiliser strictement les définitions données par les textes (dangerosité d'une ATEX, conditions de présence permanente ou occasionnelle, normale ou anormale),
- de collecter les données sur les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité des produits et substances,
- de bien définir les paramètres de fonctionnement et de sécurité du procédé,
- de tenir compte de la physique des phénomènes qui sont à l'origine de la formation des ATEX,
- d'évaluer le degré et la disponibilité de la ventilation permet de réduire voire d'éviter une zone ATEX.

L'analyse des risques ATEX conduit :

- à ne pas classer en zone 0/20, 1/21 l'emplacement des postes de travail mais à les classer en zones 2/22 voire non ATEX avec la mise en place de mesures techniques et/ou organisationnelles de sécurité,
- à aboutir à des niveaux de criticité acceptables en adaptant les mesures organisationnelles et techniques de sécurité (prévention et protection),
- à réaliser des économies en terme de limitation de zones ATEX : le matériel électrique et non électrique certifié ATEX est ainsi réduit. Le coût d'approvisionnement et d'entretien et de maintenance est lui aussi limité.

Merci de votre attention

Stand INERIS : H14

Pour toute question :
sebastien.evanno@ineris.fr

Tel : 03.44.55.61.11

www.ineris.fr