


Rapport d'étude



UNIVERSITE DE CAEN NORMANDIE
A l'attention de M Pascal BUCHY / M Florent LOUVET-
RABBAT
Esplanade de la paix
14000 CAEN

RAPPORT D'ASSISTANCE A LA DETERMINATION DES ZONES ATEX

| Version | Nature de la révision | Validation de Socotec (signature du chargé de mission) |
|---------|--|--|
| 1 | 12/11/2024 – version initiale | Fabien LEPOITTEVIN  |
| 2 | 04/04/2025 – ajout de 2 substances : acétate d'éthyle, cyclopentyl methyl ether | |

INTERVENTION

Rapport d'étude ATEX

Mission réalisée le 18/09/2024
Intervenant Fabien LEPOITTEVIN
Email : fabien.lepoittevin@socotec.com
Tél. : 06 40 87 97 19

N° D'AFFAIRE : 2409A1476000046 / 2503A1476000026
DATE D'EDITION DU RAPPORT : 04/04/2025
REFERENCE DU RAPPORT (CHRONO) : A1476/24/251

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Version 2.31

Pôle Environnement & Sécurité Nord-Est, Agence Nord-Normandie
Bureau de Caen
267, rue Marie Curie
ZI de la Sphère - CS 30030
14 201 Hérouville-Saint-Clair Cedex

Rédacteur : Fabien LEPOITTEVIN
Nombre de pages : 9 pages
(hors annexes)

SOCOTEC ENVIRONNEMENT - S.A.S au capital de 436 960 euros – 834 096 497 RCS
Versailles Siège social : 5, place des Frères Montgolfier- CS 20732 – Guyancourt - 78182 St-
Quentin-en-Yvelines Cedex - FRANCE www.socotec.fr

PREAMBULE

Afin d'initier la prise en compte des exigences de l'**Articles R. 4227-52 du Code du travail** ce document constituera une première approche d'identification et caractérisation des zones ATEX dit communément zonage ATEX.

Attention, le Zonage ATEX ne répond que partiellement aux exigences du code du travail, il appartient à l'employeur de compléter ce document en intégrant notamment les éléments suivants :

- > Adéquation du matériel électrique : identification et vérification que le matériel présent ou susceptible d'être présent en zone est bien compatible avec les zones ATEX préalablement identifiées.
- > Analyse du risque et description des mesures technique et organisationnelle mises en place pour limiter le risque ATEX.

!! Rappel : le présent document est réalisé sous la responsabilité du chef d'établissement (conformément au décret N° 2002-1553 du 24 décembre 2002, relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions).

Il appartient au chef d'établissement de respecter l'exigence suivante :

« L'employeur établit et **met à jour** un document relatif à la protection contre les explosions, intégré au document unique d'évaluation des risques. »

Les références bibliographiques et la méthodologie utilisées par SOCOTEC ENVIRONNEMENT sont détaillées aux Annexe 1 & Annexe 2 du présent document.

SOCOTEC ENVIRONNEMENT souhaite préciser que l'ensemble des calculs réalisés sont issus d'outils internes exploitants les normes en vigueur. Selon les cas, l'analyse du risque ATEX est fondée sur les normes spécifiques et/ou documents de référence, ainsi que sur l'expertise technique de SOCOTEC ENVIRONNEMENT.

IMPORTANT :

Les chapitres suivants sont sous la responsabilité du chef d'établissement.

2 ZONAGE ATEX7

SOCOTEC agit en rôle de conseil et propose son expertise pour l'établissement du DPRCE.

SOCOTEC ne pourra en aucun cas être mis en défaut dans le cas d'une modification de ce document.

Afin d'assurer le contenu de la version livrée, une version non modifiable du présent rapport sera enregistrée sous format PDF et conservé par SOCOTEC.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION5

1.1. CONTEXTE5

1.2. RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE5

1.3. PRESENTATION DU PROJET6

2. ZONAGE ATEX7

2.1. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES INSTALLATIONS.....7

2.2. CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES IDENTIFIEES.....10

2.3. ANALYSE DU RISQUE ATEX GAZ ET VAPEURS11

2.4. TABLEAU DE SYNTHESE DES ZONAGES, TYPE DE MATERIEL REQUIS ET RECOMMANDATIONS41

3. ANNEXES.....43

TABLE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|--|--------|
| FIGURE 1 : VUE AERIENNE DU SITE (SOURCE : GEOPORTAIL.GOUV.FR LE 12/11/2024) | 6 |
| FIGURE 2 : SCHEMA D'IMPLANTATION DU PROJET | 7 |
| FIGURE 3 : PHOTO DES INSTALLATIONS | 8 |
| FIGURE 4 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX LORS DU DEVERSEMENT D'ACETONE EN ABSENCE DE VENTILATION | 12 |
| FIGURE 5 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX LORS DU DEVERSEMENT D'ETHANOL EN ABSENCE DE VENTILATION | 13 |
| FIGURE 6 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX LORS DU DEVERSEMENT D'ACETONE AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 2000M ³ /H | 16 |
| FIGURE 7 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX LORS DU DEVERSEMENT D'ETHANOL AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 2000M ³ /H | 17 |
| FIGURE 8 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX LORS DU DEVERSEMENT D'ACETONE AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 108M ³ /H | 20 |
| FIGURE 9 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX LORS DU DEVERSEMENT D'ETHANOL AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 108M ³ /H | 21 |
| FIGURE 10 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX EN CAS DE FUITE D'ACETONE SUR UNE CUVE DES PILOTES OU SUR UN FLEXIBLE EN ABSENCE DE VENTILATION..... | 27 |
| FIGURE 11 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX EN CAS DE FUITE D'ETHANOL SUR UNE CUVE DES PILOTES OU SUR UN FLEXIBLE EN ABSENCE DE VENTILATION..... | 28 |
| FIGURE 12 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX EN CAS DE FUITE D'ACETONE SUR UNE DES CUVES DES PILOTES OU SUR UN FLEXIBLE AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 2000M ³ /H | 31 |
| FIGURE 13 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX EN CAS DE FUITE D'ETHANOL SUR UNE DES CUVES DES PILOTES OU SUR UN FLEXIBLE AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 2000M ³ /H | 32 |
| FIGURE 14 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX EN CAS DE FUITE D'ACETONE SUR UNE DES CUVES DES PILOTES OU SUR UN FLEXIBLE AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 108M ³ /H | 35 |
| FIGURE 15 : CALCUL DE L'ETENDUE DU ZONAGE ATEX EN CAS DE FUITE D'ETHANOL SUR UNE DES CUVES DES PILOTES OU SUR UN FLEXIBLE AVEC VENTILATION MECANIQUE D'UN DEBIT DE 108M ³ /H | 36 |
| FIGURE 16 DEFINITIONS DES DEGRES DE DEGAGEMENT | 46 |
| FIGURE 17 ABAQUE ISSU DE LA NORME – DEGRE DE DILUTION | 48 |
| FIGURE 18 DEFINITIONS DISPONIBILITE VENTILATION..... | 48 |
| FIGURE 19 ABAQUE ISSU DE LA NORME – ETENDUE DE ZONE | 49 |
| FIGURE 20 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA DISTANCE DE PROJECTION DES PARTICULES - GUIDE PRATIQUE DE CONCEPTION DES DISPOSITIFS DE CAPTAGE SUR MACHINE A BOIS - ED6330 INRS (11/2018) | 50 |
| FIGURE 21 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA PROJECTION DES POUSSIERS SUR UN EQUIPEMENT DE DECOUPE DE BOIS - GUIDE PRATIQUE DE CONCEPTION DES DISPOSITIFS DE CAPTAGE SUR MACHINE A BOIS - ED6330 INRS (11/2018)..... | 50 |
| TABLEAU 1 CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES GAZ/VAPEURS IDENTIFIEES | 10 |
| TABLEAU 2 : BILAN DU ZONAGE ATEX, TYPE DE MATERIEL REQUIS ET RECOMMANDATIONS | 41 |
| TABLEAU 3 TABLEAU INDICATIF POUR SECTIONS DE FUITE | 47 |
| TABLEAU 4 GRILLE SYNTHETIQUE DETERMINATION ZONAGE | 49 |

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Dans le cadre d'une démarche d'analyse et de maîtrise de ses risques explosifs, la société UNIVERSITE DE CAEN NORMANDIE a fait appel à SOCOTEC ENVIRONNEMENT pour assister ses équipes dans la démarche d'évaluation des risques d'explosion, de définir le classement des zones à risques d'explosion, et de proposer un plan d'action pour répondre aux obligations du décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002, relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail.

L'étude concerne un projet d'implantation de pilotes de recherche mettant en œuvre des solvants. Elle est réalisée sur la base des informations transmises par la société UNICAEN :

- Plans du local
- Schéma d'implantation des installations,
- Description des installations.

A la demande de la société UNICAEN, le périmètre de l'étude est limité au local où seront implantés les pilotes de recherche. Les autres équipements et installations présents sur le site ne font pas partie du périmètre de l'étude. Une visite de site a été réalisée le 18/09/2024.

1.2. RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE

Deux Directives européennes, concernant les atmosphères explosives, ont été édictées avec pour objectif :

- > La Protection des travailleurs ;
- > La Prévention des risques industriels ;
- > La Protection de l'environnement ;
- > La Protection des biens.

La première directive, 99/92/CE, concerne les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'atmosphères explosives.

Cette directive a fait l'objet d'une transcription en droit français depuis le 24 décembre 2002 (Décrets 2002-1553 et Décret 2002-1554) en intégrant un certain nombre de modifications au Code du travail.

La seconde directive, 2014/34/UE, concerne la conception des équipements de travail et des différents composants pour atmosphères explosives. Elle vise à rapprocher les différentes législations des États Membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à ces zones de danger.

Les obligations pour les chefs d'établissement qui découlent de ces textes sont :

- > Appliquer des principes de prévention en cas de risques d'explosion,
 - o Empêcher, tant que possible, la formation des atmosphères explosives,
 - o Si l'on ne peut empêcher la formation des atmosphères explosives, éviter leur inflammation et atténuer les effets nuisibles ;
- > Evaluer globalement les risques d'explosion ;
- > Déterminer les emplacements où peuvent se produire des atmosphères explosives ;
- > Constituer un document relatif à la protection contre les risques d'explosion ;
- > Former et informer les salariés internes ou externes.

1.3. PRESENTATION DU PROJET

Le projet étudié sera implanté sur le site de l'IUT de Caen.

Il consiste à installer, dans un local fermé d'environ 50 m³, 2 pilotes de recherche mettant en œuvre des solvants.

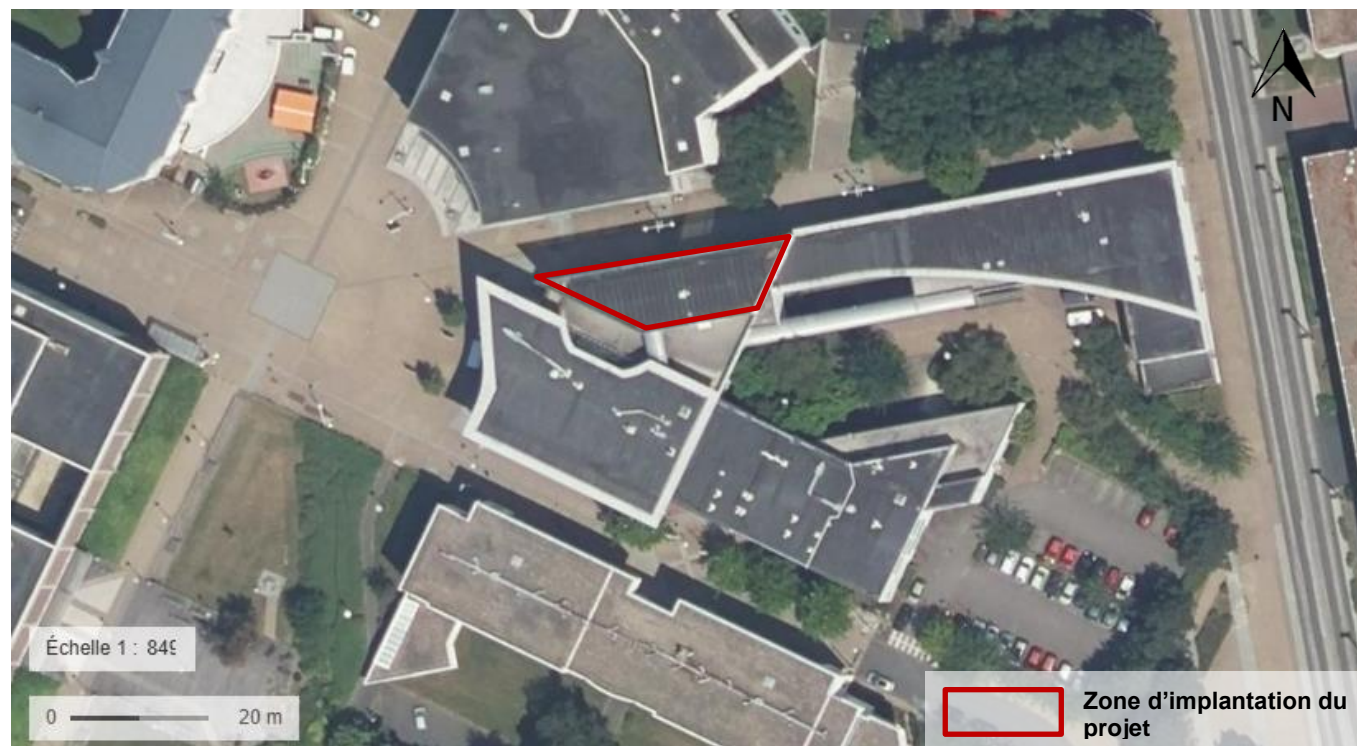


Figure 1 : Vue aérienne du site (source : geoportail.gouv.fr le 12/11/2024)

2. ZONAGE ATEX

2.1. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES INSTALLATIONS

Les pilotes seront composés chacun des éléments suivants :

- un dispositif expérimental étanche,
- deux cuves avec couvercle,
- une armoire électrique.

Les cuves du pilote n°1 auront une capacité de 35 L utile (50 L total).

Les cuves du pilote n°2 auront une capacité de 1 L utile (1,4 L total).

Le local comportera également :

- un évier,
- un bac de récupération des déchets souillés,
- une pailleuse,
- un sol étanche avec un siphon,
- un extracteur d'air avec variateur d'un débit maximum de 2000m³/h,
- une grille d'aération.

Un schéma d'implantation est présenté ci-après.

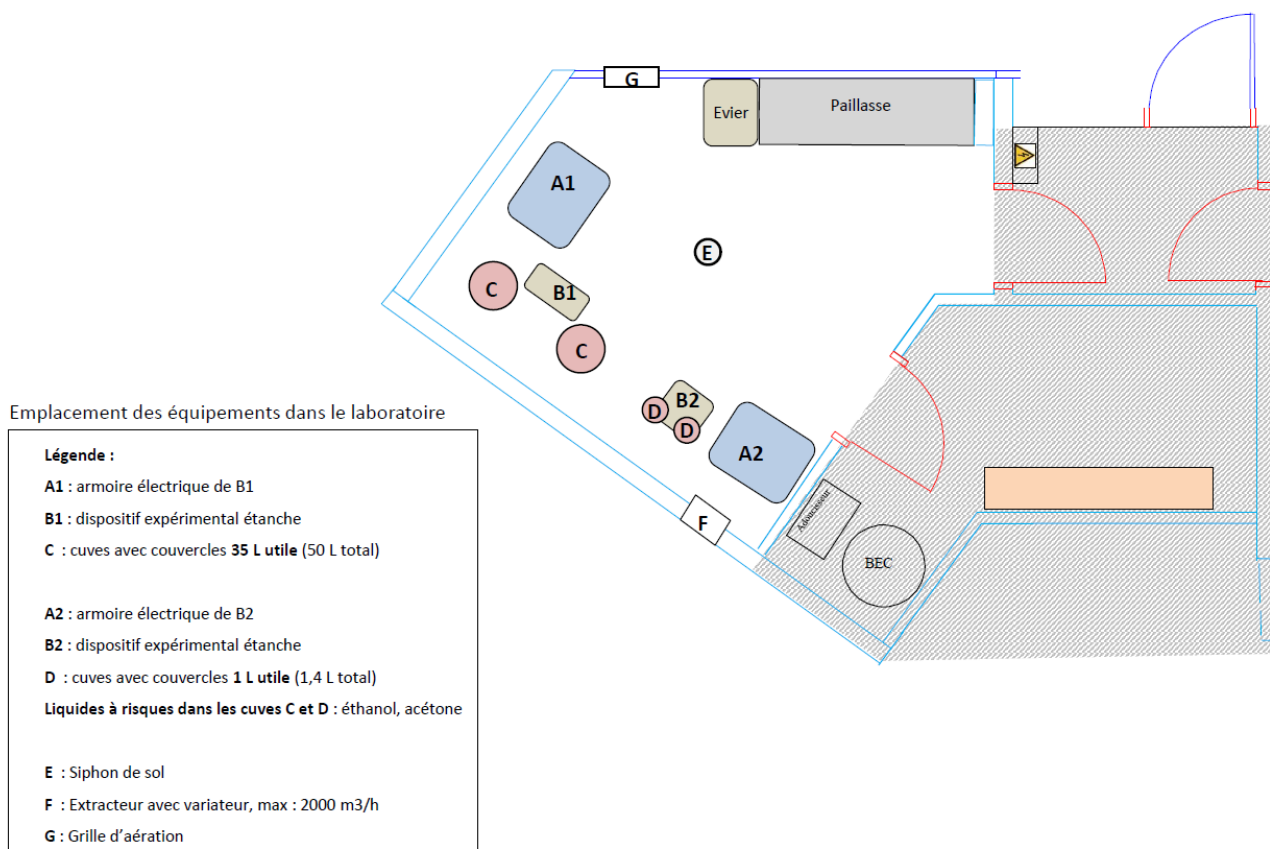


Figure 2 : Schéma d'implantation du projet

Fonctionnement de l'installation :

Le solvant sera déversé manuellement depuis le bidon dans les cuves des pilotes. Il circulera ensuite dans l'installation via un circuit de flexibles fermé, à pression atmosphérique et à une température comprise entre 37°C et 40°C.

Solvants utilisés : éthanol, acétone, Acétate d'éthyle, Cyclopentyl methyl ether.

Les cuves resteront fermées via un couvercle pendant le fonctionnement. Elles seront ouvertes uniquement lors des opérations de remplissage.

Elles comporteront un système de vidange par gravité. Le solvant sera récupéré dans un récipient, puis évacué du local. Le remplissage et la vidange des cuves sera réalisé à température ambiante.

Le stockage transitoire des solvants (pendant les manipulations) est prévu dans une armoire coupe-feu, qui sera installée hors du local, dans le laboratoire du 1er étage.

Le stockage de réserve (long terme) pour des bidons ou fûts de plus de 10 L est également prévu hors du local. Ces stockages sont exclus du périmètre de l'étude.

Des photos de ce type d'installations sont présentées ci-après.



Figure 3 – Probes, Pumps and Container Tanks



Figure 4 – Conductivity/pH meters



Figure 5 – Front view, trays, PC and safety stop button



Figure 6 – Thermostatic baths

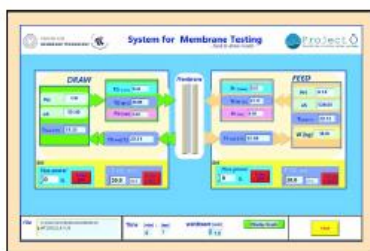


Figure 7 – Dedicated control software



Figure 8 – Simple toolless assembly for all parts

Figure 3 : Photo des installations

2.2. CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES IDENTIFIEES

2.2.1. Produits liquides et gazeux

La liste des produits employés dans les installations, et susceptibles d’être à l’origine d’une atmosphère explosive est reprise dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 1 Caractéristiques des substances gaz/vapeurs identifiées

| Désignation | Densité du gaz par rapport à l'air | Point éclair (°C) | T °auto-inflammation (°C) | Etat | Limite Inférieure d'Explosivité (%) | Limite Supérieure d'Explosivité (%) | Classe T° | Classe de gaz | Source |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---------------|--|
| Acétone | 2 | -20 | 528 | L | 2,5 | 14,3 | T1 | IIA | Norme NF EN 80079-20-1 |
| Ethanol | 1,59 | 12 | 400 | L | 3,1 | 19 à 60°C 27,7 à 100°C | T2 | IIB | Norme NF EN 80079-20-1 |
| Acétate d'éthyle | 3,04 | -4 | 426 | L | 2 | 12,8 | T2 | IIA | INRS / Fiche toxicologique n°18 / Norme NF EN 80079-20-1 |
| Cyclopentyl methyl ether | 3,45* | -1 | 185,5 | L | 1,1 | 9,9 | T4 | NC | FDS THERMO FISHER v7 du 04/10/2023 |

G : Gaz ; GL : Gaz Liquéfié ; L : Liquide ; NC : Non Connue
*Estimé d'après la composition

2.2.2. Produits solides pulvérulents

Les installations ne contiennent pas de produits solides pulvérulents pouvant être à l’origine d’une atmosphère explosive.

2.3. ANALYSE DU RISQUE ATEX GAZ ET VAPEURS

Les solvants utilisés sont des liquides classés inflammables selon le règlement CLP. Ils émettent donc des vapeurs inflammables qui peuvent engendrer la formation de zones ATEX.

Il convient d'étudier les opérations susceptibles de générer des zones ATEX, ainsi que l'étendue de ces zones.

Compte tenu du fonctionnement de l'installation (cf. § 2.1), et des caractéristiques des substances mises en œuvre (cf. § 2.2), nous considérons que l'apparition de zones ATEX peut se produire :

- Lors des opérations de remplissage des cuves : déversement de solvant dans les cuves des pilotes,
- En cas de fuite sur une cuve ou un flexible entraînant un déversement de solvant au sol,
- Dans le ciel gazeux des bidons de solvant,
- Dans le ciel gazeux des cuves des pilotes lorsqu'elles contiennent du solvant,
- Dans le bac de stockage des déchets souillés.

La définition de l'étendue des zones est détaillée pour chacun des scénarios d'apparition de zones ATEX (les scénarios sont numérotés de 1 à 5) :

2.3.1. Scénario n°1 : Opérations de remplissage des cuves : déversement du bidon d'éthanol, d'acétone, d'acétate d'éthyle ou de cyclopentyl methyl ether dans les cuves des pilotes

Les vapeurs sont émises autour du point de déversement dans la cuve.

Il convient d'étudier l'étendue de la zone en considérant une brèche liquide dans un local sans ventilation mécanique (afin d'étudier une hypothèse majorante) et avec ventilation mécanique, pour chacun des solvants.

Les détails du calcul sont présentés ci-après.

Acétone en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétone | | Commentaires |
|---|----------|-------|---|
| Densité du liquide (kg/m ³) | $\rho =$ | 784 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | $P_i =$ | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m ²) | $S =$ | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | $C_d =$ | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | $T =$ | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | $W =$ | 5,854 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|---------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | $W_e =$ | 0,1171 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|---|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $L_{I(\%)} =$ | 2,5 | LIE de la substance Acétone |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m ³ /s) | $W_g / (\rho_g \times k \times L_{II})$ | 0,00597314 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,69 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|---|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 + Zone 2 de 0,69 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|---|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, dans l'hypothèse où aucune ventilation mécanique ou naturelle n'est assurée :

| | | | |
|--|---------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | $f =$ | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m ³ /s) | Q_1 | 0,00 | |
| Débit volumétrique de gaz (m ³ /s) | $Q_g =$ | 0,00014933 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | $X_b =$ | 100,000000 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 4 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétone en absence de ventilation

Ethanol en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Ethanol | | Commentaires |
|---|----------|-------|---|
| Densité du liquide (kg/m ³) | $\rho =$ | 789 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_v =$ | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | $P_i =$ | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m ²) | $S =$ | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | $C_d =$ | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | $T =$ | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | $W =$ | 5,872 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|---------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | $W_e =$ | 0,1174 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|--------------------------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $L_{II}(\%) =$ | 3,3 | LIE de la substance Ethanol |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m ³ /s) | $Wg/(\rho_g \times k \times L_{II})$ | 0,00451074 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,60 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 + Zone 2 de 0,6 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, dans l'hypothèse où aucune ventilation mécanique ou naturelle n'est assurée :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|---------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | $f =$ | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m ³ /s) | Q_1 | 0,00 | |
| Débit volumétrique de gaz (m ³ /s) | $Q_g =$ | 0,00014885 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | $X_b =$ | 100,000000 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 5 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'éthanol en absence de ventilation

Acétate d'éthyle en absence de ventilation mécanique :

| Liquide | Acétate d'éthyle | | Commentaires |
|---|------------------|-------|---|
| Densité du liquide (kg/m ³) | ρ = | 902 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _w = | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 6,279 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1256 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 2 | LIE de la substance Acétate d'éthyle |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00696093 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,75 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|---|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 + Zone 2 de 0,75 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|---|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, dans l'hypothèse où aucune ventilation mécanique ou naturelle n'est assurée :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,00 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00013922 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 100,000000 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 6 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétate d'éthyle en absence de ventilation

Cyclopentyl methyl ether en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|---|--------------------------|-------|---|
| Densité du liquide (kg/m ³) | ρ = | 860 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _a = | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 6,131 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1226 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,01296160 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 1,02 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|---|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 + Zone 2 de 1,02 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1,5 mètre autour du point de déversement |
|---------------|---|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, dans l'hypothèse où aucune ventilation mécanique ou naturelle n'est assurée :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,00 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00014258 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 100,000000 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 7 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement de cyclopentyl methyl ether en absence de ventilation

Le local étant équipé d'une ventilation mécanique avec variateur, d'un débit maximum de 2000 m³/h, les calculs de l'étendue des zones ATEX ont été réalisés en considérant le débit maximum.

Acétone avec ventilation mécanique (2000m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétone | | Commentaires |
|---|------------------|-------|---|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 784 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _a = | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul. Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 5,854 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1171 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 2,5 | LIE de la substance Acétone |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00597314 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations. |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Ecoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,69 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 0,69 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, en tenant compte de la ventilation mécanique :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,55 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00014933 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,027143 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 8 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétone avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Ethanol avec ventilation mécanique (2000m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Ethanol | | Commentaires |
|---|------------------|-------|---|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 789 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _a = | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul. Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 5,872 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1174 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 3,3 | LIE de la substance Ethanol |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00451074 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations. |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,60 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|---|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 0,6 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|---|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, en tenant compte de la ventilation mécanique :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------------------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,55 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Q _g = | 0,00014885 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,027057 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone Atex au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 9 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'éthanol avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Acétate d'éthyle avec de ventilation mécanique (2000m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétate d'éthyle | | Commentaires |
|---|------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 902 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _a = | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 6,279 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1256 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 2 | LIE de la substance Acétate d'éthyle |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00696093 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,75 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 0,75 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, en tenant compte de la ventilation mécanique :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,55 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00013922 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,025306 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 10 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétate d'éthyle avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique (2000m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|---|--------------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 860 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _a = | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 6,131 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1226 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,01296160 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 1,02 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 1,02 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1,5 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

Il convient également d'étudier la persistance de la zone ATEX dans l'ensemble du local, en tenant compte de la ventilation mécanique :

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,55 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00014258 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,025916 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 11 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétate de cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Le système de ventilation mécanique étant équipé d'un variateur, il convient d'étudier le débit d'air minimum nécessaire pour éviter la formation d'une zone ATEX dans l'ensemble du local :

Acétone avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétone | | Commentaires |
|---|------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 784 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _w = | 0,003 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul. Débit de ventilation : 108m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 5,854 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1171 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 2,5 | LIE de la substance Acétone |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00597314 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations. |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,69 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 0,69 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,03 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00014933 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,495296 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 12 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétone avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Ethanol avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Ethanol | | Commentaires |
|---|------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 789 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _w = | 0,003 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul. Débit de ventilation : 108m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 5,872 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|---|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en %(non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1174 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) = | 3,3 | LIE de la substance Ethanol |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00451074 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations. |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Ecoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,60 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|---|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 0,6 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|---|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,03 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00014885 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,493732 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 13 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'éthanol avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Acétate d'éthyle avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétate d'éthyle | | Commentaires |
|---|-------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 902 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _{av} = | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 6,279 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|---|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en %(non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1256 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-----------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | L _{II} (%) = | 2 | LIE de la substance Acétate d'éthyle |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,00696093 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,75 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 0,75 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,03 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00013922 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,461918 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 14 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement d'acétate d'éthyle avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|---|--------------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | $\rho =$ | 860 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | $P_i =$ | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | $S =$ | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | $C_d =$ | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | $T =$ | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | $W =$ | 6,131 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|---------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | $W_e =$ | 0,1226 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|---|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $L_{II}(\%) =$ | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_g / (\rho_g \times k \times L_{II})$ | 0,01296160 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Écoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 1,02 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 1,02 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1,5 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|---------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | $f =$ | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | $Q_1 =$ | 0,03 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | $Q_g =$ | 0,00014258 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | $X_b =$ | 0,473011 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 15 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement de cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Le zonage ATEX s'étend à l'ensemble du local en cas de déversement de cyclopentyl methyl ether malgré la ventilation mécanique d'un débit de 108 m³/h.

Il convient donc d'étudier le débit minimum de ventilation permettant d'éviter l'étendue de la zone ATEX à l'ensemble du local :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|---|--------------------------|-------|--|
| Densité du liquide (kg/m³) | ρ = | 860 | Donnée chimique |
| Vitesse d'air (m/s) | u _w = | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression interne dans l'installation (bar) (Pression réelle) | Pi = | 1,01 | Pression atmosphérique |
| Section de la fuite (m²) | S = | 0,01 | Section de l'orifice de déversement d'un diamètre de 10 cm (arrondi au centième supérieur) |
| Coefficient de débit (entre 0,6 et 1) | C _d = | 0,82 | Valeur utilisée dans les exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du liquide assimilé à la température ambiante (°C) | T = | 25 | Température majorante étudiée en période estivale |
| Taux de dégagement (kg/s) | W = | 6,131 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.2 - CALCUL DU TAUX DE DÉGAGEMENT DE LA FRACTION VAPORISÉE

| | | | |
|--|------|--------|--|
| Fraction de liquide vaporisé considérée en % (non collectée) | | 2 | 2 % : donnée issue des exemples de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Taux de dégagement de la fraction vaporisé (kg/s) | We = | 0,1226 | |

A.3 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|----------------------------------|------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (%vol / vol) | LII _(p₀) = | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | k = | 1 | Un facteur de sécurité est appliqué vis-à-vis de la LIE de la substance |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | Wg/(ρg x k x LII) | 0,01296160 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence pendant les opérations |
| Degré de dégagement | | Primaire | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution moyenne | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). (Ecoulement subsonique + densité > 1) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 1,02 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.4 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 1 de 1,02 m | Par précaution, nous retenons une zone ATEX d'1,5 mètre autour du point de déversement |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|------|------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | Ta = | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (de 1 à 5) | f = | 1 | |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q1 | 0,06 | |
| Débit volumétrique de gaz (m³/s) | Qg = | 0,00014258 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond en % | Xb = | 0,237066 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone Atex au reste du local | | NON | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Le zonage ne s'étend pas au reste du local. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte un éventuel zonage autour des ouvertures. | |
|---------------|--|--|

Figure 16 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX lors du déversement de cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique d'un débit de 216 m³/h

CONCLUSION :

En absence de ventilation :

Une **zone ATEX de niveau 1 est retenue** 1 mètre autour du point de déversement d'acétone, d'éthanol ou d'acétate d'éthyle dans la cuve.

Une **zone ATEX de niveau 1 est retenue** 1,5 mètre autour du point de déversement de cyclopentyl methyl ether dans la cuve.

Une **zone ATEX de niveau 2 est retenue** dans l'ensemble du local.

En présence d'une ventilation mécanique d'un débit minimum de 216 m³/h :

Une **zone ATEX de niveau 1 est retenue** 1 mètre autour du point de déversement d'acétone, d'éthanol ou d'acétate d'éthyle dans la cuve.

Une **zone ATEX de niveau 1 est retenue** 1,5 mètre autour du point de déversement de cyclopentyl methyl ether dans la cuve.

Absence de zone ATEX dans l'ensemble du local.

2.3.2. Scénario n°2 : En cas de fuite sur une cuve ou un flexible entraînant un déversement d'éthanol ou d'acétone au sol

Il convient d'étudier le scénario de fuite sur une des plus grandes cuves des pilotes, ou sur un flexible.

Les installations n'étant pas sur rétention, nous considérons qu'en cas de fuite, une flaque de liquide inflammable peut se former sur toute la surface du local.

L'étendue des zones ATEX est définie en considérant une absence de ventilation (afin d'étudier une hypothèse majorante) puis en considérant une ventilation mécanique d'un débit de 2000 m³/h, et de 108 m³/h.

Les détails du calcul sont présentés ci-après.

Fuite d'acétone en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétone | | Commentaires |
|--|------------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 2,373964682 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 30,797382 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000065 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|--|-----------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII_{(\%)} =$ | 2,5 | LIE de la substance Acétone |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e / (\rho_g \times k \times LII) =$ | 0,000220283 | Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | Résultat obtenu par calcul |
| Degré de dégagement | | Secondaire | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,13 | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Type de zone ATEX | | Zone 2 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| | | | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 2 de 0,13 m | |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|---------|-------------|---|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (f varie de 1 à 5) | $f =$ | 5 | Mélange efficace |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | $Q_1 =$ | 0,00 | Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Vitesse d'évaporation volumétrique (m³/s) | $Q_g =$ | 0,001008233 | Section du bâtiment entre la ventilation basse et la ventilation. |
| Concentration de fond (Vol/Vol)-> % | $X_b =$ | 5 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone Atex au reste du local | | OUI | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 17 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'acétone sur une cuve des pilotes ou sur un flexible en absence de ventilation

Fuite d'éthanol en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Ethanol | | Commentaires |
|---|---------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m ³) à température ambiante | $P_g =$ | 1,883067371 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Surface de la flaqué (m ²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 7,633184839 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000014 | |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII_{(v)} =$ | 3,3 | LIE de la substance Ethanol |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m ³ /s) | $W_e/(p_g \times k \times LII) =$ | 4,46823E-05 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,06 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Zone 2 | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 2 de 0,06 m | |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|---------|-------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (f varie de 1 à 5) | $f =$ | 5 | Mélange efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m ³ /s) | $Q_1 =$ | 0,00 | Section du bâtiment entre la ventilation basse et la ventilation. |
| Vitesse d'évaporation volumétrique (m ³ /s) | $Q_g =$ | 0,000269933 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond (Vol/Vol)-> % | $X_b =$ | 5 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 18 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'éthanol sur une cuve des pilotes ou sur un flexible en absence de ventilation

Fuite d'acétate d'éthyle en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUIITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUIITE

| Liquide | Acétate d'éthyle | | Commentaires |
|--|------------------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 3,601821071 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 11,3 | Donnée chimique obtenue par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000032 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII(\%) =$ | 2 | LIE de la substance Acétate d'éthyle |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e / (p_g \times k \times LII) =$ | 8,79239E-05 | Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | Résultat obtenu par calcul |
| Degré de dégagement | | Secondaire | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,08 | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Type de zone ATEX | | Zone 2 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUIITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 2 de 0,08 m | |
|---------------|--|--|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUIITE

| | | | |
|--|---------|-------------|---|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (f varie de 1 à 5) | $f =$ | 5 | Mélange efficace |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | Q_1 | 0,00 | Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Vitesse d'évaporation volumétrique (m³/s) | $Q_g =$ | 0,000321986 | Section du bâtiment entre la ventilation basse et la ventilation. |
| Concentration de fond (Vol/Vol)-> % | $X_b =$ | 5 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone ATEX au reste du local | | OUI | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 19 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'acétate d'éthyle sur une cuve des pilotes ou sur un flexible en absence de ventilation

Fuite de cyclopentyl methyl ether en absence de ventilation mécanique :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|--|--------------------------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 4,093944604 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Surface de la flaqué (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,05 | Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 0,004 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000000 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII_{(v)} =$ | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e/(\rho_g \times k \times LII) =$ | 5,42233E-08 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Médiocre | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | 0,00 | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Zone 2 | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|---------------------------------------|---|
| Conclusions : | Existence d'une ATEX de Zone 2 de 0 m | La pression de vapeur du cyclopentyl methyl ether étant très basse, l'étendue de la zone ATEX calculé est de 0m. Nous retenons une zone ATEX de 0,01m. |
|---------------|---------------------------------------|---|

B - ZONAGE ATEX DU RESTE LOCAL

B.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| | | | |
|--|---------|-------------|--|
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | |
| Facteur destiné à prendre en compte le fait que le mélange ne se fait pas de façon parfaite (f varie de 1 à 5) | $f =$ | 5 | Mélange efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Débit volumétrique de l'air entrant dans la pièce par les ouvertures (m³/s) | $Q_1 =$ | 0,00 | Section du bâtiment entre la ventilation basse et la ventilation. |
| Vitesse d'évaporation volumétrique (m³/s) | $Q_g =$ | 1,09219E-07 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Concentration de fond (Vol/Vol)-> % | $X_b =$ | 5 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Extension de la zone Atex au reste du local | | OUI | |

B.2 - CONCLUSION : ZONAGE DU LOCAL

| | | |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Conclusions : | Le zonage s'étend au reste du local | |
|---------------|-------------------------------------|--|

Figure 20 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite de cyclopentyl methyl ether sur une cuve des pilotes ou sur un flexible en absence de ventilation

Il convient d'étudier le scénario de fuite lorsque la ventilation est en fonctionnement à 2000m³/h, à 108 m³/h :

Fuite d'acétone avec ventilation mécanique (2000 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétone | | Commentaires |
|--|------------|-------------|--|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 2,373964682 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $Ap =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $Ta =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $Pi =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 30,797382 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $We =$ | 0,0000070 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (%vol / vol) | $LII(\%) =$ | 2,5 | LIE de la substance Acétone |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $We/(\rho_g \times k \times LII) =$ | 0,000237284 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence. |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 21 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'acétone sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Fuite d'éthanol avec ventilation mécanique (2000 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Ethanol | | Commentaires |
|---|------------|-------------|--|
| Densité de vapeur (kg/m ³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 1,883067371 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 7,633184839 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000015 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (%vol / vol) | $LII_{(\%)} =$ | 3,3 | LIE de la substance Ethanol |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e/(\rho_g \times k \times LII) =$ | 4,81307E-05 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence. |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 22 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'éthanol sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Fuite d'acétate d'éthyle avec ventilation mécanique (2000 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétate d'éthyle | | Commentaires |
|--|------------------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 3,601821071 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenue par calcul Débit de ventilation : 2000m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 11,3 | Donnée chimique obtenue par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000034 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|---|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $L_{II}(\%) =$ | 2 | LIE de la substance Acétate d'éthyle |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e/(\rho_g \times k \times L_{II}) =$ | 9,47094E-05 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Dégagements non prévus pendant le fonctionnement normal |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 23 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'acétate d'éthyle sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Fuite de cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique (2000 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|--|--------------------------|-------------|--|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 4,093944604 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaue (m²) | $Ap =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $Ta =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $Pi =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,055 | Vitesse de ventilation obtenue par calcul. Débit de ventilation : 2000m³/h. Section transversale perpendiculaire : 10 m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 0,004 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $We =$ | 0,0000000 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII_{(v)} =$ | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $We/(\rho_g \times k \times LII) =$ | 5,8408E-08 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence. |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 24 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite de cyclopentyl methyl ether sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 2000m³/h

Fuite d'acétone avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétone | | Commentaires |
|---|------------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m ³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 2,373964682 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,003 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 108m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 30,797382 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000007 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|--|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (%vol / vol) | $LII_{(\%)} =$ | 2,5 | LIE de la substance Acétone |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e / (\rho_g \times k \times LII) =$ | 2,45437E-05 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence. |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 25 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'acétone sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Fuite d'éthanol avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Ethanol | | Commentaires |
|---|------------|-------------|---|
| Densité de vapeur (kg/m ³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 1,883067371 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $A_p =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $T_a =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,003 | Vitesse de ventilation obtenu par calcul Débit de ventilation : 108m³/h Section transversale perpendiculaire : 10m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 7,633184839 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $W_e =$ | 0,0000002 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|---|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (%vol / vol) | $L_{II}(\%) =$ | 3,3 | LIE de la substance Ethanol |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $W_e/(\rho_g \times k \times L_{II}) =$ | 4,97844E-06 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence. |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 26 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'éthanol sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Fuite d'acétate d'éthyle avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Acétate d'éthyle | | Commentaires |
|--|------------------|-------------|--|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 3,601821071 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaque (m²) | $Ap =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $Ta =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $Pi =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,003 | Vitesse de ventilation obtenue par calcul. Débit de ventilation : 108 m³/h. Section transversale perpendiculaire : 10 m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 11,3 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $We =$ | 0,0000004 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII(\%) =$ | 2 | LIE de la substance Acétate d'éthyle |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $We/(\rho_g \times k \times LII) =$ | 9,79636E-06 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Dégagements non prévus pendant le fonctionnement normal |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 27 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite d'acétate d'éthyle sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

Fuite de cyclopentyl methyl ether avec ventilation mécanique (108 m³/h) :

A - ZONAGE DE LA FUITE

A.1 - CALCUL DU TAUX DE DEGAGEMENT (Wg) en kg/s - FUITE

| Liquide | Cyclopentyl methyl ether | | Commentaires |
|--|--------------------------|-------------|--|
| Densité de vapeur (kg/m³) à température ambiante | $\rho_g =$ | 4,093944604 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$ |
| Surface de la flaue (m²) | $Ap =$ | 20 | Surface du local |
| Température ambiante du local (°C) | $Ta =$ | 25 | Température ambiante moyenne |
| Température du liquide (°C) | $T =$ | 25 | Température du liquide |
| Pression atmosphérique (bar) (Pression absolue) | $Pi =$ | 1,01325 | Pression atmosphérique du liquide. 1,01325 bar par défaut. |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,003 | Vitesse de ventilation obtenue par calcul. Débit de ventilation : 108 m³/h. Section transversale perpendiculaire : 10 m² |
| Pression de vapeur à la température du liquide (kPa) | $p_v =$ | 0,004 | Donnée chimique obtenu par application de la formule de Clapeyron |
| Vitesse d'évaporation (kg/s) (NF 60079-10-1 : 2021) | $We =$ | 0,0000000 | Résultat obtenu par calcul (norme NF EN 60079-10-1 2021) |

A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII_{(v)} =$ | 1,1 | LIE de la substance Cyclopentyl methyl ether |
| Facteur de sécurité attribué à la LII | $k =$ | 0,5 | Mélange modérément efficace Aucun obstacle à proximité immédiate de la fuite |
| Caractéristique de dégagement (m³/s) | $We/(\rho_g \times k \times LII) =$ | 6,04149E-09 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Bonne | La ventilation existe pratiquement en permanence. |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |
| Degré de dilution | Voir abaque DILUTION | Dilution élevée | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | | Gaz lourd | Les vapeurs ou gaz lourds qui se diffusent le long des surfaces horizontales (le sol, par exemple). |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | | Zone dangereuse d'étendue négligeable | Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type de zone ATEX | | Non dangereuse - (Zone 2 EN) | Résultat obtenu par lecture de l'abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1 |

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

| | | |
|---------------|--|--|
| Conclusions : | Présence d'une zone ATEX d'étendue négligeable insuffisante pour être prise en compte dans la présente étude | |
|---------------|--|--|

Figure 28 : Calcul de l'étendue du zonage ATEX en cas de fuite de cyclopentyl methyl ether sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible avec ventilation mécanique d'un débit de 108m³/h

CONCLUSION :

En absence de ventilation :

Une **zone ATEX de niveau 2 est retenue** dans l'ensemble du local, en cas de fuite sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible.

En présence d'une ventilation mécanique d'un débit minimum de 108 m³/h :

Absence de zone ATEX.

2.3.3. Scénario n°3 : Dans le ciel gazeux des bidons d'éthanol ou d'acétone

Les vapeurs inflammables sont émises à l'intérieur des bidons de solvant. Il convient de retenir une zone ATEX dans le ciel gazeux des bidons.

CONCLUSION :

Une **zone ATEX de niveau 0 est retenue** dans le ciel gazeux des bidons de solvants.

2.3.4. Scénario n°4 : Dans le ciel gazeux des cuves des pilotes lorsqu'elles contiennent du solvant

Les vapeurs inflammables sont émises à l'intérieur des cuves des pilotes lorsqu'elles contiennent du solvant. Ces cuves étant maintenues fermées hors opérations de remplissage (zonage de ces opérations étudié en § 2.3.1), nous considérons que l'étendue des zones ATEX se limite au volume interne des cuves. Il convient donc de retenir une zone ATEX dans le ciel gazeux des cuves.

CONCLUSION :

Une **zone ATEX de niveau 0 est retenue** dans le ciel gazeux des cuves des pilotes lorsqu'elles contiennent du solvant.

2.3.5. Scénario n°5 : Dans le bac de stockage des déchets souillés

Le bac destiné à stocker les déchets souillés peut contenir du solvant, et donc des vapeurs inflammables. Ces vapeurs peuvent former une atmosphère explosive à l'intérieur du bac. Il convient donc de retenir une zone ATEX dans le volume interne du bac.

CONCLUSION :

Une **zone ATEX de niveau 1 est retenue** dans le volume interne du bac de récupération des déchets souillés.

2.3.6. Scénario n°6 : Dans le réseau de ventilation

En fonctionnement normal, et en cas de fuite, l'air aspiré par le système de ventilation peut contenir des vapeurs inflammables. Il convient donc de retenir une zone ATEX dans le volume interne du réseau d'aspiration.

CONCLUSION :

Une **zone ATEX de niveau 1 est retenue** dans le volume interne du réseau d'aspiration.

2.4. TABLEAU DE SYNTHESE DES ZONAGES, TYPE DE MATERIEL REQUIS ET RECOMMANDATIONS

Tableau 2 : Bilan du zonage ATEX, type de matériel requis et recommandations

| N° | Source de dégagement | | Matière inflammable | | Ventilation | | | Zone dangereuse | | Type de matériel requis (groupe – t°C - IP) | | | | Recommandations | |
|----|--|-------------------------|------------------------------------|--------|-------------|----------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|--|-----------------------|--|---|---------------------|---|
| | Description | Degré de dégagement (1) | Température et pression de travail | | Etat (2) | Type (3) | Degré de dilution (4) | Disponibilité (5) | Type de zone (0-1-2 ou 20-21-22) | Etendue de la zone | Catégorie de matériel | Température limite de surface (la plus pénalisante = T° auto-inflammation éthanol) | Classe de gaz (la plus pénalisante = éthanol) | | Marquage requis |
| | | | °C | kPa | | | | | | | | | | | |
| 1 | Opérations de remplissage des cuves : déversement du bidon de solvant dans les cuves des pilotes en absence de ventilation | Primaire | Ambiante | Atmos. | G | N | Moyenne | Médiocre | 1 | 1 mètre autour du point de déversement d'acétone, d'éthanol ou d'acétate d'éthyle dans la cuve. 1,5 mètre autour du point de déversement de cyclopentyl methyl ether dans la cuve | 2G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | <ul style="list-style-type: none">- Lors des opérations de remplissage des cuves des pilotes, et lors de présence d'acétone ou d'éthanol dans les installations (fonctionnement normal), maintenir une ventilation d'un débit minimum de 216 m³/h.- Assurer une arrivée d'air en installant une grille d'aération vers l'extérieur en partie basse du local.- Afin de supprimer les zones de niveau 2 dans l'ensemble du local, mettre en place un asservissement du démarrage du système de ventilation afin qu'il soit systématiquement mis en marche lors des opérations de remplissage des cuves, et lors du fonctionnement des installations.- En cas d'impossibilité de mise en place d'un asservissement, contrôler l'adéquation du matériel présent dans le local, et le remplacer par du matériel ATEX si nécessaire. Intégrer la mise en marche de la ventilation dans les procédures / consignes de sécurité.- Installer des bacs de rétention sous les installations afin de retenir le liquide et limiter la surface de la flaque de liquide inflammable en cas de fuite.- Eviter toute source d'ignition lors des opérations de remplissage, et lors du fonctionnement des installations.- Rédiger et faire appliquer des procédures / consignes de sécurité (pour éviter la réalisation des opérations lorsque la ventilation est à l'arrêt notamment),- Rédiger et faire appliquer un plan de maintenance (Contrôle du fonctionnement du système de ventilation, contrôle de l'installation et de l'absence de fuite notamment),- Signaler le risque ATEX à l'entrée du local,- Former et sensibiliser le personnel. |
| | | Primaire | Ambiante | Atmos. | G | N | Moyenne | Médiocre | 2 | Dans l'ensemble du local lors des opérations remplissage en absence de ventilation | 3G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | |
| | Opérations de remplissage des cuves : déversement du bidon de solvant dans les cuves des pilotes avec une ventilation de débit minimum 216 m³/h | Primaire | Ambiante | Atmos. | G | A | Moyenne | Bonne | 1 | 1 mètre autour du point de déversement d'acétone, d'éthanol ou d'acétate d'éthyle dans la cuve. 1,5 mètre autour du point de déversement de cyclopentyl methyl ether dans la cuve | 2G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | |
| | | Primaire | Ambiante | Atmos. | G | A | Moyenne | Bonne | - | Absence de zone ATEX dans l'ensemble du local | | | | | |
| 2 | En cas de fuite sur une cuve ou un flexible entraînant un déversement de solvant en absence de ventilation | Secondaire | Ambiante | Atmos. | G | N | Elevée | Médiocre | 2 | Dans l'ensemble du local, en cas de fuite sur une des cuves des pilotes ou sur un flexible en absence de ventilation | 3G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | |
| | En cas de fuite sur une cuve ou un flexible entraînant un déversement de solvant au sol avec une ventilation de débit minimum 108 m³/h | Secondaire | Ambiante | Atmos. | G | A | Elevée | Bonne | - | Absence de zone ATEX | - | - | - | - | |

| N° | Source de dégagement | | Matière inflammable | | Ventilation | | | Zone dangereuse | | Type de matériel requis (groupe – t°C - IP) | | | | Recommandations | |
|----|---|-------------------------|------------------------------------|--------|-------------|----------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|---|-----------------------|--|---|---------------------|---|
| | Description | Degré de dégagement (1) | Température et pression de travail | | Etat (2) | Type (3) | Degré de dilution (4) | Disponibilité (5) | Type de zone (0-1-2 ou 20-21-22) | Etendue de la zone | Catégorie de matériel | Température limite de surface (la plus pénalisante = T° auto-inflammation éthanol) | Classe de gaz (la plus pénalisante = éthanol) | | Marquage requis |
| | | | °C | kPa | | | | | | | | | | | |
| 3 | Bidons de solvant | Continu | Ambiante | Atmos. | G | N | Faible | Médiocre | 0 | Dans le ciel gazeux des bidons de solvant | 1G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | <ul style="list-style-type: none">- Maintenir les bidons d'acétone et d'éthanol fermé lorsqu'ils ne sont pas utilisés.- Réduire au strict minimum nécessaire le nombre de bidon présents dans le local. Stocker les bidons dans une armoire coupe-feu avec grilles d'aération. |
| 4 | Cuves des pilotes lorsqu'elles contiennent du solvant | Continu | Ambiante | Atmos. | G | N | Faible | Médiocre | 0 | Dans le ciel gazeux des cuves des pilotes lorsqu'elles contiennent du solvant | 1G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | <ul style="list-style-type: none">- Maintenir les cuves fermées autant que possible.- Eviter toute source d'ignition dans les cuves, et autour des cuves lors de l'ouverture. En cas de présence de matériel dans les cuves, contrôler son adéquation et le remplacer par du matériel ATEX si nécessaire.- Signaler le risque ATEX sur l'installation.- Former et sensibiliser le personnel. |
| 5 | Bac de stockage des déchets souillés | Primaire | Ambiante | Atmos. | G | N | Faible | Médiocre | 1 | Dans le volume interne du bac de récupération des déchets souillés | 2G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | <ul style="list-style-type: none">- Evacuer régulièrement les déchets souillés.- Eviter toute source d'ignition proche du bac.- Signaler le risque ATEX sur l'installation.- Former et sensibiliser le personnel. |
| 6 | Réseau d'aspiration | Primaire | Ambiante | Atmos. | G | A | Moyenne | Bonne | 1 | Dans le volume interne du réseau d'aspiration. | 2G | < 400°C | IIB | Ex II 2G – T4 – IIB | <ul style="list-style-type: none">- Eviter toute source d'ignition dans le réseau d'aspiration.- Rédiger et faire appliquer un plan de maintenance (Contrôle du fonctionnement du système de ventilation).- Signaler le risque ATEX sur l'installation.- Former et sensibiliser le personnel. |

note (1) continu, primaire ou secondaire
note (2) G : gaz / vapeurs, D : poussières
note (3) N : naturelle, A : artificielle
note (4) forte : ventilation capable de réduire la concentration à la source de dégagement de façon pratiquement instantanée
moyenne : ventilation capable de maîtriser la concentration conduisant à une situation stable dans la zone pendant le dégagement
faible : ventilation incapable de maîtriser la concentration pendant le dégagement
note (5) très bonne : la ventilation existe de façon permanente
assez bonne : la ventilation existe pendant le fonctionnement normal, des interruptions sont permises mais de façon peu fréquente et pour de courtes périodes
médiocre : la ventilation ne satisfait pas aux critères d'une ventilation très bonne ou bonne, toutefois, on ne s'attend pas à des interruptions prolongées
inexistante : absence de ventilation

3. ANNEXES

| | |
|---|----|
| ANNEXE 1 : TEXTES DE REFERENCES | 44 |
| ANNEXE 2 : METHODOLOGIE D'ANALYSE ET D'EVALUATION DES ATEX | 45 |
| ANNEXE 3 : GUIDE DES MESURES TECHNIQUES GENERALES DE PREVENTION ET DE PROTECTION CONTRE LES EXPLOSIONS | 52 |
| ANNEXE 4 : RAPPORT INERIS DE DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES D'INFLAMMABILITE DE PAT DE CRETONS | 54 |

Annexe 1 : textes de références

Les documents de références et textes réglementaires exploités dans le cadre de cette étude sont :

Directive 99/92/CE du 16 décembre 1999 concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.

Directive 2014/34/UE du 26 Février 2014 relative aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosives.

Décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail et modifiant le chapitre II du titre III du livre II du code du travail.

Décret n° 2015-799 du 1er juillet 2015 relatif aux produits et équipements à risques.

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.

Norme NF EN 60079-10-1 : « Partie 10-1 – Classement des emplacements – Atmosphères explosives gazeuses » Mai 2016.

Norme NF EN 60079-10-2 : « Partie 10-2 : Classement des emplacements – Atmosphères explosives poussiéreuses » Mai 2015.

Norme NF EN 62485-2 – « Exigences de sécurité pour les batteries – partie 2 : batteries stationnaires » Mai 2018

Norme NF EN 62485-3 – « Exigences de sécurité pour les batteries – partie 3 : batteries de tractions » Janvier 2015

« Les installations électriques en atmosphère explosive – Guide d'études, de réalisation et de maintenance – Union des Industries Chimiques (UIC) » – Edition 1995.

Note ED 945 : « Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives », INRS – Octobre 2020.

Note ED 6090 : « Véhicules industriels équipés au gaz naturel – Mesures de prévention contre le risque explosion », INRS – Mai 2011.

Norme NF EN 1127-1 « Atmosphères explosives – Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion – Partie 1 : Notions fondamentales et méthodologie » – Aout 2019.

Arrêté du 8 juillet 2003 complétant l'Arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.

Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive.

Articles R. 4227-42 à R. 4227-54 du Code du Travail.

Annexe 2 : méthodologie d'analyse et d'évaluation des ATEX

Termes et définitions

Atmosphère explosive : Mélange d'air, dans des conditions atmosphériques, avec des substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur, de poussières, de fibres ou de particules en suspension dans l'air dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

Zones à risques d'explosion : Classement des emplacements dangereux d'après la fréquence d'apparition et la durée de la présence d'une atmosphère explosive

Zone 0 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse est présente en permanence, ou pour de longues périodes ou fréquemment ;

Ou Zone 20 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive poussiéreuse, sous la forme de nuage de poussières combustibles dans l'air, est présente en permanence, ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse est susceptible de se présenter périodiquement ou occasionnellement en fonctionnement normal ;

Ou Zone 21 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive poussiéreuse, sous la forme de nuage de poussières combustibles dans l'air, est susceptible de se présenter occasionnellement, en fonctionnement normal.

Zone 2 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal mais qui, si c'est le cas, peut exister uniquement sur une durée courte ;

Ou Zone 22 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive poussiéreuse, sous la forme de nuage de poussières combustibles dans l'air, n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal, mais peut persister uniquement pendant une courte durée.

Méthodologie d'analyse du risque ATmosphères EXplosives ATEX

L'analyse de risque de création d'une atmosphère est réalisée en 4 étapes successives :

> Etape 1 : Détermination du degré de dégagement

Les dégagements de gaz inflammables/poussières explosives peuvent être de degré « continu », « primaire » ou « secondaire », selon qu'ils se produisent de façon accidentelle ou normale et de façon fréquente ou non. Le degré de dégagement impactera la probabilité d'occurrence d'une atmosphère explosive et donc le zonage ATEX.

> Etape 2 : Evaluation du débit massique de gaz en cas de fuite

Le taux de dégagement massique est la quantité de gaz/poussières explosives émise par unité de temps par la source de dégagement. Pour le gaz, il dépend du type de fuite, de sa section, des caractéristiques du gaz et la pression de gaz dans le réseau. Pour la poussière, il dépend du type de poussières émises et de leur granulométrie.

> Etape 3 : Evaluation du degré de dilution assurée par la ventilation du local

Le degré de dilution est une mesure de l'aptitude des conditions de ventilation ou des conditions atmosphériques à assurer la dilution d'un dégagement à un niveau sûr. Par conséquent, un dégagement plus important correspond à un degré de dilution plus faible pour un ensemble donné de conditions de ventilation ou de conditions atmosphériques. Un taux de ventilation plus faibles correspond à un degré de dilution plus faible pour une quantité de dégagement donné.

> Etape 4 : Evaluation de la disponibilité de la ventilation

La disponibilité d'une ventilation est sa capacité à assurer en permanence la ventilation à proximité de la zone de dégagement étudiée. Elle peut être qualifiée de bonne, assez bonne ou médiocre.

> Etape 5 : Détermination du zonage ATEX

Le zonage ATEX est déterminé en fonction des 3 critères suivants : le degré de dégagement (continu, primaire ou secondaire), l'efficacité de la ventilation et sa disponibilité. L'étendue de la zone ATEX va être liée à la LII du gaz libéré, à la masse volumique et au type de dégagement (gaz lourd qui se diffuserait au sol sur une grande surface, dégagement diffusif à basse vitesse, ou jet libre à grande vitesse). Pour les poussières explosives, il dépendra notamment du matériau à l'origine des poussières, de la taille de ces dernières et de la mise en place ou non d'un système d'aspiration.

2.1 Définitions des degrés de dégagement

| | |
|------------------------------|---|
| Dégagement Continu | <p>Il s'agit d'un dégagement continu ou qui est supposé apparaître fréquemment ou sur de longues périodes.</p> <p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Surface d'un liquide inflammable dans un réservoir à toit fixe muni d'un évent, avec une ventilation continue vers l'atmosphère. - Surface d'un liquide inflammable ouvert à l'atmosphère de façon permanente ou pendant de longues périodes. - Découpe de bois quotidienne, faisant partie du processus de production. |
| Dégagement Primaire | <p>Il s'agit d'un dégagement périodique ou occasionnel, prévisible en fonctionnement normal.</p> <p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Points d'échantillonnages dans lesquels des dégagements de substances inflammables sont prévues dans l'atmosphère pendant le fonctionnement normal. - Découpe de bois possible dans l'installation. - Soupapes de décharge, évents et autres ouvertures où sont prévus des dégagements de substances inflammables dans l'atmosphère en fonctionnement normal. |
| Dégagement Secondaire | <p>Il s'agit d'un dégagement non prévisible en fonctionnement normal et qui, s'il se produit néanmoins, le fera avec une probabilité faible et sur de courtes durées.</p> <p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garnitures de pompes, compresseurs et vannes, où ne sont pas prévus de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal du matériel. - Brides, raccords et accessoires de tuyauteries où ne sont pas prévues de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal. |

Figure 29 Définitions des degrés de dégagement

2.2 Principe de détermination du taux de dégagement

La norme NF EN 60079-10-1 du 27 mai 2016, nous permet de déterminer le débit à la brèche gazeux, critique ou sonique. Le type d'écoulement est déterminé en calculant la pression critique, à partir de l'équation suivante :

$$p_c = p_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma / (\gamma - 1)}$$

Formule 1

Avec :

- > p_c : Pression critique (bar),
- > p_a : Pression atmosphérique (bar),
- > γ : Rapport C_p/C_v des chaleurs spécifiques à pression constante (C_p) et à Volume Constant (C_v), du gaz considéré,

Si $p_i > p_c$: il s'agit donc d'un écoulement critique,

Si $p_i < p_c$: il s'agit d'un écoulement subsonique.

Avec p_i : pression interne au réseau

En fonction du type d'écoulement, nous sommes en mesure de déterminer le débit massique de gaz W_g :

Pour un écoulement critique :

$$W_g = C_d S \sqrt{\gamma p_i p_i \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma + 1) / (\gamma - 1)}}$$

Formule 2

Pour un écoulement subsonique :

$$W_g = C_d S \sqrt{p_i p_i \left(\frac{2\gamma}{\gamma - 1} \right) \left(1 - \left(\frac{p_a}{p_i} \right)^{(\gamma - 1) / \gamma} \right) \left(\frac{p_a}{p_i} \right)^{1 / \gamma}}$$

Formule 3

Avec :

- > W_g = taux de dégagement massique du gaz (Kg/s)
- > C_d = coefficient de débit (sans dimension) caractéristique des ouvertures de dégagement et prenant en compte les effets de turbulences et de viscosité, généralement de 0,5 à 0,75 pour les orifices à arête vive et de 0,95 à 0,99 pour les orifices arrondis.
- > γ = rapport des chaleurs massiques (C_p/C_v)
- > P_i : pression de gaz (Pa)
- > ρ_i = masse volumique du gaz à la pression P_i (kg/m^3)
- > S = section de la fuite (m^2)

La section de fuite est déterminée en fonction du type d'organe susceptible d'être à l'origine de la fuite :

| Valeurs classiques pour les conditions dans lesquelles l'ouverture de dégagement peut être étendue (érosion par exemple) | | | | Section de fuite (mm^2) | Section de fuite (m^2) |
|--|--|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Organes d'étanchéité sur les parties fixes | Brides avec joints en fibres comprimées ou matériaux analogues | | | 2,5 | 0,0000025 |
| | Brides avec garnitures d'étanchéité en spirale ou analogue | | | 0,25 | 0,0000025 |
| | Raccords annulaires ou vissés | | | 0,25 | 0,0000025 |
| Organes d'étanchéité sur les parties mobiles à basse vitesse | Garnitures de tiges de manœuvre | | | 2,5 | 0,0000025 |
| | Soupape de décharge | Section d'orifice (mm^2) | | 0 | 0 |
| Organes d'étanchéité parties mobiles à grande vitesse | Pompes et compresseurs | | | 5 | 0,000005 |

Tableau 3 Tableau indicatif pour sections de fuite

2.3 Définition du degré de dilution

La norme reconnaît les trois degrés de dilution suivants :

Dilution élevée : La concentration à proximité de la source de dégagement diminue rapidement et la persistance a pratiquement disparu à l'issue du dégagement.

Dilution moyenne : 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.

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

Le degré de dilution est déterminé grâce à l'abaque suivant, en fonction des caractéristiques du dégagement et de la vitesse de ventilation :

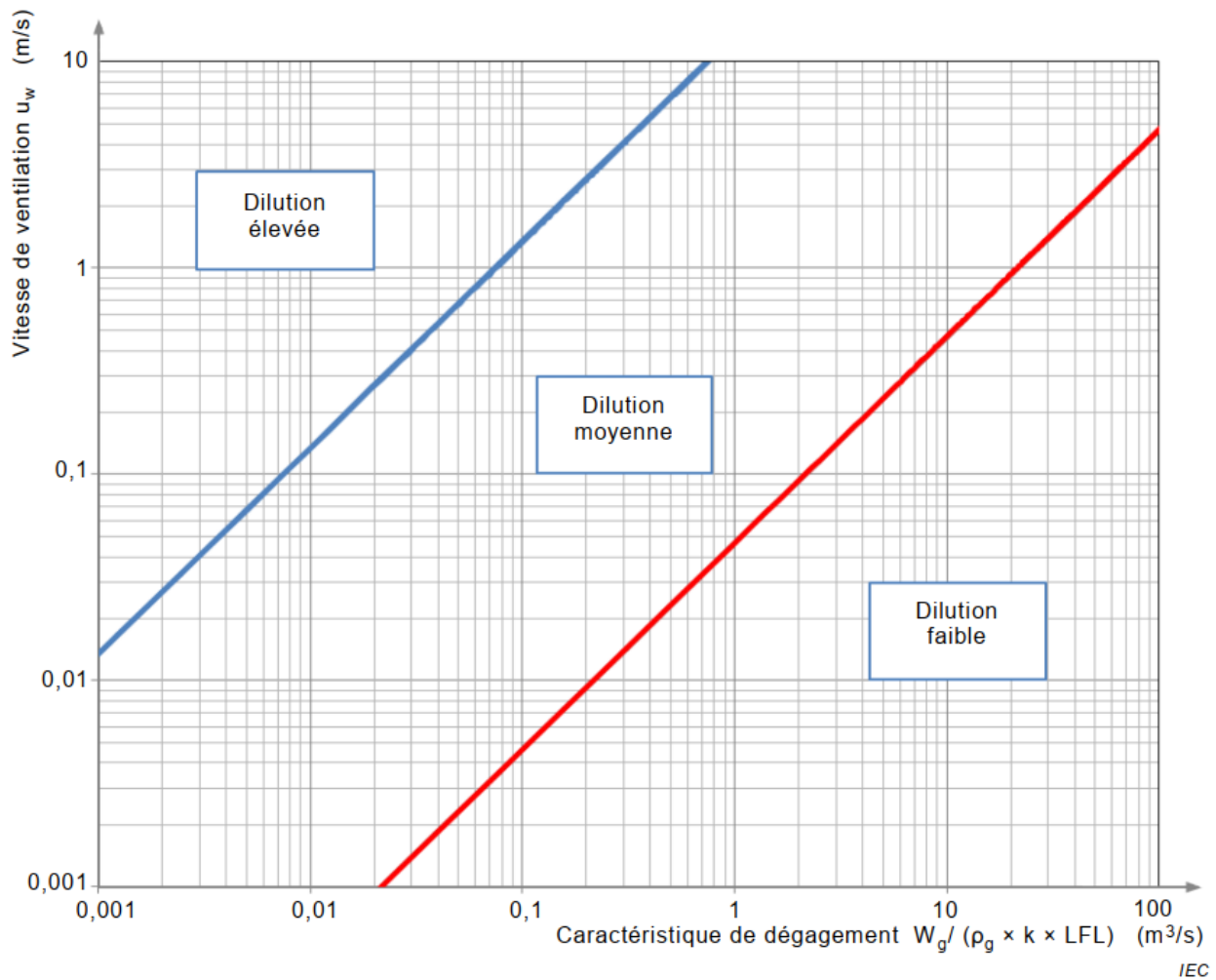


Figure 30 Abaque issu de la norme – degré de dilution

2.4 Définitions de la disponibilité de la ventilation

| | |
|--------------------------|---|
| BONNE | La ventilation existe pratiquement en permanence. <i>Nota : La disponibilité de la ventilation dans des espaces clos à ventilation naturelle ne doit jamais être considérée comme étant bonne.</i> |
| ASSEZ BONNE | La ventilation est censée être présente pendant le fonctionnement normal. Des interruptions sont permises, pourvu qu'elles se produisent de façon peu fréquente et pendant de courtes périodes. <i>Nota : D'après la norme, une ventilation naturelle en espace clos sera au maximum « assez bonne » en termes de disponibilité.</i> |
| MEDIOCRE | La ventilation ne satisfait pas aux normes de bonne ou d'assez bonne ventilation; toutefois des interruptions prolongées ne sont pas prévues. |
| NON SIGNIFICATIVE | Une ventilation dont la disponibilité ne satisfait même pas à l'exigence "médiocre" ne doit pas être considérées comme contribuant à la ventilation de l'emplacement, c'est-à-dire qu'une dilution faible s'applique. |

Figure 31 Définitions disponibilité ventilation

2.5 Tableau d'aide à la détermination d'une zone ATEX gazeuse

Les zones ATEX sont déterminées à partir du tableau suivant, en fonction du degré de dégagement, du degré de dilution et de la disponibilité 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, 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, 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.

Tableau 4 Grille synthétique détermination zonage

Si une zone ATEX est identifiée, son étendue, par rapport à la zone de fuite, est déterminée à partir de l'abaque suivant :

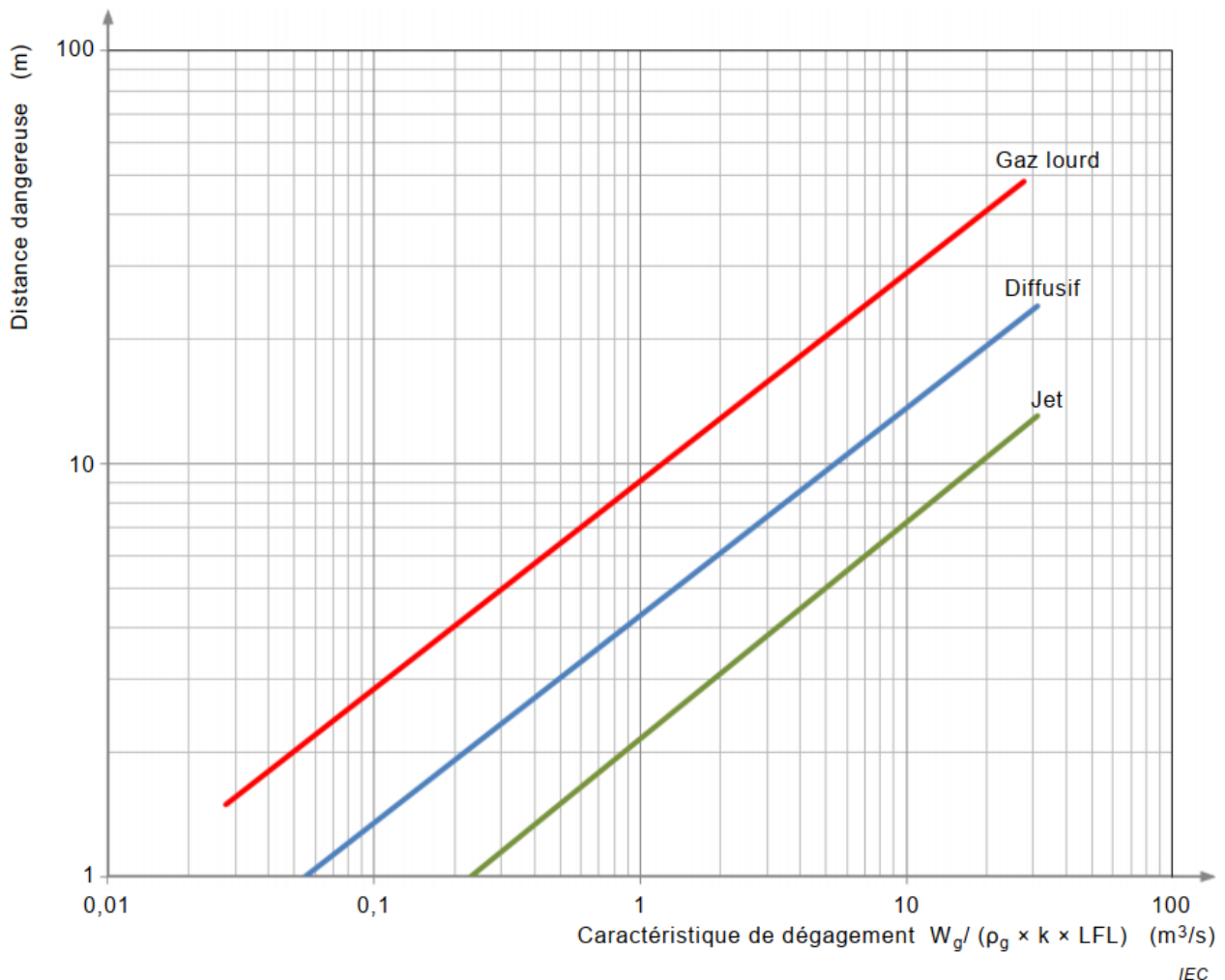


Figure 32 Abaque issu de la norme – étendue de zone

Méthodologie d'analyse du risque ATmosphères EXplosives ATEX poussières

La distance et la concentration des particules dépendent :

- > De la densité des matériaux usinés.
- > L'hétérogénéité de la taille des particules lors du travail du matériau. : par exemple le travail d'un MDF produira des particules tailles semblables, le travail d'un bois massif produira des particules de différentes tailles.
- > La forme de l'outil utilisé : sciage, défonceage ...
- > Le type d'usinage : en avalant ou en opposition.
- > Les conditions de coupe : vitesse de coupe, profondeur de coupe, largeur de coupe, nombre de dents de la scie ...

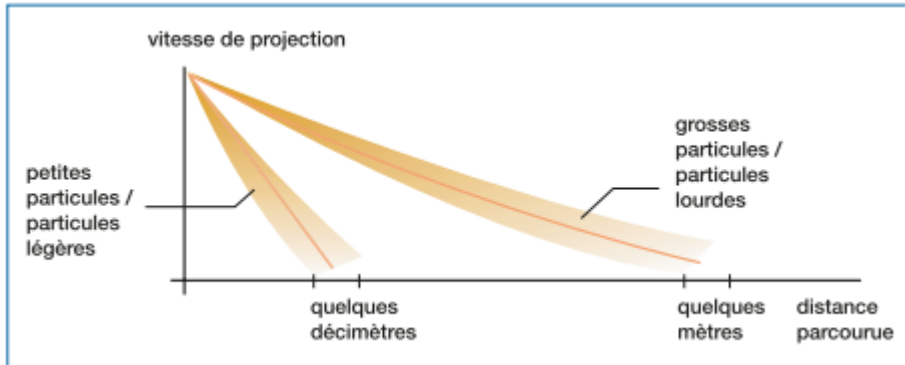


Figure 33 : Représentation schématique de la distance de projection des particules - guide pratique de conception des dispositifs de captage sur machine à bois - ed6330 INRS (11/2018)

Cas des machines de découpe :

Compte tenu de la variation de l'ensemble de ces paramètres, il est difficile de calculer avec précision l'aire du cône de projection des poussières. Toutefois, il est probable que le mélange parfait apparaisse dans ce volume à une distance plus ou moins éloignée de la lame. Dans ces conditions, une zone 20 est systématiquement identifiée dans ce volume.

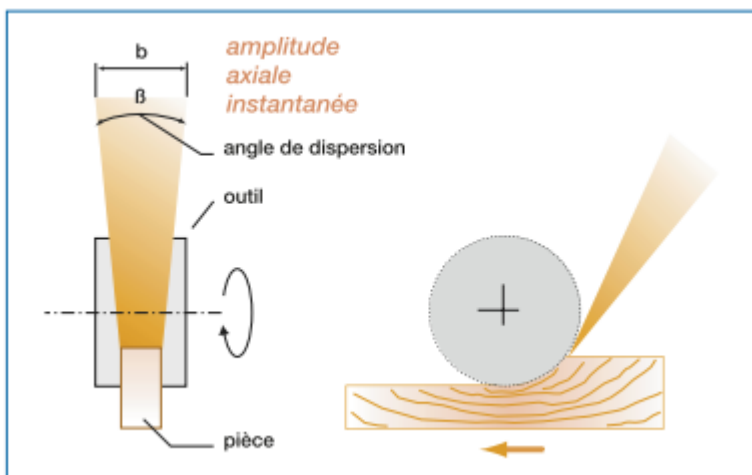


Figure 34 : Représentation schématique de la projection des poussières sur un équipement de découpe de bois - guide pratique de conception des dispositifs de captage sur machine à bois - ed6330 INRS (11/2018)

Cas des réseaux d'aspiration :

Dans le cas où les débits d'aspirations sont conformes aux préconisations (groupe de normalisation) et conforme aux règles de l'art, une zone 21 est retenue.

Les débits de captage recommandés par le groupe de normalisation CEN/TC 142 [21] sont repris ci-dessous (extrait de l'ed750 INRS (2011)):

Annexe 1

Débits de captage recommandés par la groupe de normalisation CEN/TC 142 [21]

Les débits recommandés dans cette annexe ne peuvent garantir l'efficacité de captage des poussières notamment

pour des dispositifs de captage qui seraient mal conçus. En revanche, l'expérience permet d'affirmer qu'avec les

débits proposés et une optimisation des dispositifs de captage, l'efficacité maximale peut être obtenue.

| TYPE DE MACHINES | NORME | DÉBIT RECOMMANDÉ |
|--|---------------------|--|
| Dégauchisseuses et raboteuses | | |
| Dégauchisseuses à avance manuelle | EN 859 ⁷ | Largeur de dégauchissage : < 400 mm : ≥ 800 m³/h 400-600 mm : ≥ 1 100 m³/h > 600 mm : ≥ 1 400 m³/h |
| Raboteuses sur une face | EN 860 ⁷ | Largeur de rabotage : < 400 mm : ≥ 800 m³/h 400-600 mm : ≥ 1 100 m³/h > 600 mm : ≥ 1 400 m³/h |
| Machines combinées à raboter et à dégauchir | EN 861 ⁷ | Largeur de dégauchissage : < 400 mm : ≥ 800 m³/h 400-600 mm : ≥ 1 100 m³/h > 600 mm : ≥ 1 400 m³/h |
| Scies à ruban | | |
| Scies à ruban | EN 1807 | Diamètre du volant : ≤ 500 mm : ≥ 450 m³/h > 500 mm : ≥ 700 m³/h |
| Scies circulaires | | |
| Scies circulaires à table de menuisier, scies à format et scies de chantier | EN 1870-1 | Diamètre de scie : ≤ 315 mm : ≥ 850 m³/h 315-400 mm : ≥ 1 100 m³/h > 400 mm : ≥ 1 400 m³/h |
| Scies circulaires à panneaux horizontales à presseur | EN 1870-13 | ≥ 2 500 m³/h |
| Scies circulaires à panneaux verticales | EN 1870-14 | ≥ 1 500 m³/h |
| Scies circulaires : tronçonneuses à coupe verticale | EN 1870-3 | ≥ 350 m³/h |
| Scies circulaires à déligner multilames à chargement et/ou déchargement manuel | EN 1870-4 | ≥ 2 500 m³/h |
| Scies circulaires combinées à table et à coupe transversale ascendante | EN 1870-5 | ≥ 350 m³/h |
| Déligneuses monolames à déplacement mécanisé du groupe de sciage et à chargement manuel et/ou déchargement manuel | EN 1870-8 | ≥ 1 800 m³/h |
| Machines à scier à deux lames de scie circulaires, pour tronçonnage, à avance mécanisée et à chargement et/ou déchargement manuels | EN 1870-9 | ≥ 1 000 m³/h |
| Tronçonneuses monolames automatiques et semi-automatiques à coupe ascendante | EN 1870-10 | ≥ 800 m³/h |
| Tronçonneuses automatiques et semi-automatiques à coupe horizontale (scies circulaires radiales) | EN 1870-11 | ≥ 800 m³/h |
| Tronçonneuses pendulaires | EN 1870-12 | ≥ 800 m³/h |
| Tronçonneuses multilames à avance mécanisée de la pièce et à chargement et/ou déchargement manuels | EN 1870-15 | ≥ 800 m³/h par lame |
| Tronçonneuses doubles à coupe en V | EN 1870-16 | ≥ 800 m³/h |
| Tronçonneuses manuelles à coupe horizontale avec une unité de sciage (scies circulaires radiales manuelles) | EN 1870-17 | ≥ 800 m³/h |
| Machine à fraiser | | |
| Toupies monobroches à broche verticale | EN 848-1 | ≥ 1 100 m³/h pour découpe droite ≥ 2 000 m³/h pour découpe courbe ≥ 1 400 m³/h pour réalisation de tenon |
| Tenonneuses | | |
| Tenonneuses simples à table roulante | EN 1218-1 | ≥ 3 000 m³/h |
| Machines à avance manuelle et à table roulante pour la coupe des éléments de charpente de toit en bois | EN 1218-3 | ≥ 3 500 m³/h |
| Machines à plaquer sur chant à chaîne(s) | EN 1218-4 | ≥ 350 m³/h par unité générant des poussières |
| Machines à profiler sur une face à table fixe et avance par rouleaux ou par chaîne | | ≥ 500 m³/h par unité |

ANNEXE 3 : GUIDE DES MESURES TECHNIQUES GENERALES DE PREVENTION ET DE PROTECTION CONTRE LES EXPLOSIONS

1. Mesures techniques de prévention des sources d'inflammation

Sources d'origine électrique (étincelles et échauffement)

Maintenir en état les installations électriques ;

Utiliser lors des interventions électriques ou mécaniques des matériels et outils dits ATEX ;

Ne tolérer dans les zones à risque que les matériels dont la présence est indispensable et conformes à la réglementation.

Sources d'origine électrostatique (décharges d'électricité)

L'ensemble des installations présentes en zone à risque d'explosion, doivent faire l'objet d'une analyse et de mesures de prévention des risques d'inflammation du fait de décharge d'électricité statique ;

Compléter les liaisons équipotentielles ;

Assurer l'écoulement des charges électrostatiques en réalisant la continuité électrique et l'interconnexion de tous les éléments conducteurs (parties métalliques de machines et installations, prises de terre, charpentes métalliques...) ;

En complément, les composants ou matériels susceptibles d'accumuler une charge d'électricité statique, doivent faire l'objet d'une étude spécifique, pour maîtriser ce risque.

Les flammes et feux nus

Interdire tous feux nus sans l'organisation de ces travaux et de leurs surveillances.

Les surfaces chaudes

Surveiller les installations.

Les étincelles d'origine mécanique

Prévoir l'entretien et la surveillance régulière des installations ;

Organiser les interventions des opérateurs ;

Utiliser les outils adaptés ;

Les ondes électromagnétiques

Interdire et afficher l'interdiction de téléphone portable en zone ATEX, en particulier les zones de type 0, 1, 2 et 20.

Conception des installations de ventilation

La ventilation des locaux où des substances inflammables sont présentes (stockage et manipulation) doit être conçue pour maintenir la concentration de vapeurs inflammables à un niveau inférieur à 25% de la LII Limite Inférieure d'Inflammabilité.

Lorsque la ventilation est mécanique, elle doit être surveillée par une détection de défauts. En cas de panne un asservissement doit déclencher soit une alarme soit une mise en sécurité automatique de l'installation (quand cela est possible).

Les installations de ventilation des locaux de travail doivent faire l'objet d'un contrôle périodique annuel selon l'arrêté du 8 Octobre 1987 relatif au contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement des locaux de travail.

2. Mesures techniques de protection contre l'explosion

Events et trappes de décharge de la pression d'une explosion

Ils permettent de limiter la surpression produite et de ne soumettre l'enceinte qu'à une pression résiduelle acceptable compte tenu de sa résistance. Il en existe de différents types : membranes déchirables, disques de rupture, soupapes à ressorts, clapets appuyés par des ressorts ou par leur propre poids, volets à pivots...

Pour une enceinte de volume donné et de surpression maximale admissible connue, on peut déterminer la surface d'un événement. Il est nécessaire que ce calcul soit effectué par un spécialiste. Les événements doivent être placés le plus près possible des sources potentielles d'inflammation qui peuvent déclencher une explosion, et seront placés aux endroits permettant de les maintenir en bon fonctionnement.

En cas d'explosion, les événements d'explosion et les surfaces de décharge de tous types ne devront pas créer un risque supplémentaire (projections de débris, émission de flammes) pour les personnes présentes sur le site.

Suppression de l'explosion

Ce mode de protection consiste à détecter une explosion dans les instants qui suivent immédiatement sa naissance (de l'ordre de 10 millisecondes) et à l'éteindre par projection d'un agent extincteur avant qu'elle n'ait atteint une puissance destructrice (temps nettement inférieur à 100 millisecondes). Ce procédé est particulièrement intéressant dans le cas d'appareils implantés à l'intérieur de bâtiments où peut se trouver du personnel, ou d'appareils qui ne peuvent être protégés au moyen d'autres systèmes.

Le bon fonctionnement de ce dispositif nécessite :

- > Une bonne fiabilité du système complet ;
- > Une vérification périodique du dispositif de détection ;
- > Un dispositif d'avertissement en cas de panne d'un élément du système de déclenchement.

Prévention de la propagation des flammes et de l'explosion

Il s'agit de limiter, en isolant les différentes installations, l'extension de l'explosion. Cette méthode, évitant la propagation de l'explosion, est généralement réalisée en protégeant les canalisations (roues alvéolaires, vannes à fermeture rapide...). Il est à noter que le dispositif de protection et la canalisation doivent pouvoir résister à la surpression.

3. Mesures techniques de lutte contre l'empoussièrement

Captage

Mettre en place des dispositifs d'aspiration centralisée ;

Capoter les sources d'émission de poussières et relier ces capotages aux circuits de dépoussiérage ;

Éviter les accumulations de produits dans les zones où le risque d'inflammation est important (circuit de séchage, moteur thermique et électrique, renvoi de transporteur).

Suppression de la mise en suspension

Limiter les hauteurs de chute de produits lors des transferts ;

Maîtriser les échappements d'air (commande d'organes pneumatiques : vannes, vérins, clapets...) soit avec des dispositifs réduisant la vitesse d'échappement, soit en les dirigeant vers des zones sans poussière ;

Assurer au maximum l'étanchéité des installations ;

Réduire tout risque de débordement.

ANNEXE 4 : RAPPORT INERIS DE DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES D'INFLAMMABILITE DE PAT DE CRETONS