

Rapport



GSE

A l'attention de David BOURDAIN

336 Blvd Duhamel di Monceau PA du Moulin
45160 OLIVET

AMO à la Prise en compte de la réglementation ICPE / ATEX

| Site concerné | rédigé par | Rapport validé par |
|-----------------|-----------------|-----------------------|
| McPHY - Belfort | Gilles MARMORAT | Hermann KABLAN |

| Date d'édition du rapport | Référence du rapport (chrono) | Nature de la révision |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 13/10/23 | EK1K023486 | Version initiale |
| | | |

N° D'AFFAIRE: 2307EK1K0000046

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

Pôle NORD-EST

Agence Environnement Grand-Est-Etudes
5 allée de Cérès - Parc Cérès - 67085 STRASBOURG
Bureau de Besançon

Nombre de pages : 19
(annexes comprises)

SOMMAIRE

| | |
|---|----------|
| 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS | 3 |
| 2. APPROCHE DU RISQUE D'EXPLOSION | 3 |
| 2.1 PRODUITS GAZEUX..... | 3 |
| 2.2 DIMENSION DES ZONES | 3 |
| 3. CONCEPTION DE L'INSTALLATION..... | 4 |
| 3.1 TYPE DE TUYAUTERIE..... | 4 |
| 3.2 DIMENSIONNEMENT DES CANALISATIONS D'HYDROGENE | 4 |
| 3.3 ORGANE DE FILTRATION ET DE COUPURE | 4 |
| 3.4 ORGANES DE CONTROLES ET DE DETECTION | 5 |
| 4. REGLEMENTATION ICPE | 6 |
| 5. CONCLUSION ET SUITE ENVISAGEABLE..... | 7 |
| 6. ANNEXES | 8 |

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

La société McPHY envisage la mise en place des dispositifs suivants employant de l'hydrogène :

- Zone de test dégageant de l'hydrogène
- Une canalisation aérienne de 30 à 40 Bar
- Une cuve de stockage de 30 m3
- Une canalisation enterrée 300 mBar
- Une chaudière hydrogène et une chaudière hybride gaz naturel/hydrogène

La société GSE a missionné SOCOTEC ENVIRONNEMENT pour l'assister dans la mise en œuvre de ce projet.

2. APPROCHE DU RISQUE D'EXPLOSION

2.1 PRODUITS GAZEUX

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

| Désignation | Densité du gaz par rapport à l'air | Point éclair (°C) | T °auto-inflammation (°C) | Etat | LII (%) | LSI (%) | Classe T° | Classe de gaz | Source |
|-------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------|------|---------|---------|-----------|---------------|------------------|
| Hydrogène | 0,07 | Gaz | 560 | G | 4 | 77 | T1 | IIC | NF EN 80079-20-1 |

Tableau 1 : Caractéristiques des substances gaz/vapeurs identifiées

2.2 DIMENSION DES ZONES

Les calculs sont menés selon les dispositions de la norme NF EN 60079-10-1 (version 2021).

Les différents calculs sont établis pour les scénarios suivants :

- Fuite réseau H2 30-40 bar vers la cuve de stockage
- Fuite cuve H2
- Fuite réseau H2 300 mbar enterré
- Fuite chaufferie

Le détail des calculs est repris en annexe.

On obtient les dimensions suivantes :

| | Dimension aux zones ATEX | Commentaires |
|--|--|--|
| Fuite réseau H2 30-40 bar vers la cuve de stockage | Zone 2 : 1 m autour des raccords | |
| Fuite cuve H2 | Zone 2 : 1 m autour des raccords Zone 2 : 10 m autour de la soupape | Prévoir une zone grillagée autour des installations et de limiter les équipements (lampadaire hors zone, ...) |
| Fuite réseau H2 300 mbar enterré | Zone 2 : 0,5 m autour des raccords | |
| Fuite chaufferie | Zone 2 : 0,5 m autour des raccords | Cette zone peut être considérée comme négligeable en présence de détection H2 Le principe de détection mis en place sera dans ce cas constitué par plusieurs niveaux d'alarmes qui déclencheront différentes actions en fonction de la gravité de la fuite. 1er seuil : 10 % de la LIE soit 0,4 % de concentration en H2 dans l'air : Alarme au niveau de la centrale de détection et alarme visuelle et sonore au niveau des accès à la chaufferie Mise en œuvre de la ventilation mécanique. |

| Dimension aux zones ATEX | Commentaires |
|--------------------------|---|
| | <p>Evacuation du personnel de la chaufferie (sauf personnel qui aurait été sur zone de fuite pour détecter la fuite de niveau bas)</p> <p>2ème seuil : 25 % de la LIE soit 1 % de concentration en H2 dans l'air :</p> <p>Alarme au niveau de la centrale de détection et alarme visuelle et sonore au niveau des accès à la chaufferie</p> <p>Evacuation de tout le personnel, y compris le personnel qui aurait été sur zone de fuite pour détecter la fuite de niveau bas</p> <p>Arrêt automatique des chaudières avec coupure de l'alimentation électrique de la chaufferie et coupure de l'alimentation en H2 (électrovannes extérieures).</p> <p>Maintien des équipements critiques (ventilation, détection, BAES) qui sont alimentés par une alimentation secourue. Ces équipements devront être ATEX (Catégorie 3)</p> <p>La coupure de l'alimentation en hydrogène sera assurée par deux vannes automatiques redondantes, placées en série sur la conduite d'alimentation à l'extérieur des bâtiments.</p> <p>Ces vannes seront asservies chacune à des capteurs de détection de gaz et un dispositif de baisse de pression. Ces vannes assurent la fermeture de l'alimentation en combustible gazeux lorsqu'une fuite de gaz est détectée (2ème seuil).</p> |

Tableau 2 : Dimension des zones ATEX à envisager

Remarque :

Au niveau des zones enterrées, il ne doit y avoir que des raccords soudés. En ATEX, on considère que le risque de fuite sur une soudure est négligeable. Il n'est ainsi pas associé de zone ATEX.

3. CONCEPTION DE L'INSTALLATION

3.1 TYPE DE TUYAUTERIE

Type de tuyauterie utilisée pour le l'hydrogène à 300 mbar ? Utilisation du PE bandes jaunes possible pour réseau enterré ? réseau enterré autorisé ? Ou tube acier noir à souder (identique norme Gaz naturel) ?

Il est envisagé l'utilisation de tube PE gaz pour le réseau alimentant la chaudière.
Les tubes PE 100 gaz répondent à la norme EN 1555.

Au regard des conditions d'utilisations, ils répondent aux exigences de la réglementation ICPE.

3.2 DIMENSIONNEMENT DES CANALISATIONS D'HYDROGENE

Principe de dimensionnement des canalisations hydrogènes ? Même contraintes que tuyauterie gaz naturel avec règle du 1000ième ? Perte de charge admissible sur la tuyauterie ?

Ce point n'est pas précisé dans la réglementation des installations classées ni celles associée aux ATEX.

3.3 ORGANE DE FILTRATION ET DE COUPURE

Organes de filtration et de coupure spécifique à l'hydrogène ou utilisation des mêmes équipements que pour le gaz naturel (vannes, filtres, etc...) ?

Des vannes d'isolement (manuelles et à commande automatique) doivent équiper les équipements de stockage et d'utilisation d'hydrogène. Un dispositif d'arrêt d'urgence doit assurer l'arrêt rapide des parties ou de l'ensemble de l'installation.

Des soupapes de sécurité équiperont l'installation. Les soupapes seront collectées pour être dirigées vers une zone sûre (en hauteur).

Des points d'entrée de gaz de purge seront prévus.

3.4 ORGANES DE CONTROLES ET DE DETECTION

Obligation d'organes de contrôles ou détection de fuite de long de la conduite sur ces pressions ? Quel organe de sécurité est obligatoire ?

La détection d'hydrogène n'est requise que dans les locaux, selon les quantités mises en œuvre et les possibilités de fuites ainsi que les concentrations maximales susceptibles d'être atteintes. En extérieur, il est prévu des distances d'isolement (Eloignement du stockage de 3,5 m des bâtiments sans résistance au feu, des dépôts de matières combustibles, 4 m des ouvertures, 2,5 m des places de stationnement, voies de circulation)

4. REGLEMENTATION ICPE

Le projet est classé sous le régime de déclaration pour les rubriques 2560, 2910 & 4715.

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du projet tels que déclaré (preuve de dépôt A-2-8VQYKIOJV du 1/04/2022)

| N° | NATURE DE LA SUBSTANCE | CLASSEMENT DECLARE | AVIS |
|-------|---|--|---|
| 2560 | <p>Travail mécanique des métaux et alliages, à l'exclusion des activités classées au titre des rubriques 3230-a ou 3230-b.</p> <p>La puissance maximum de l'ensemble des machines fixes pouvant concourir simultanément au fonctionnement de l'installation étant :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Supérieure à 1000 kW E 2. Supérieure à 150 kW, mais inférieure ou égale à 1000 kW DC | <p>Puissance des machines : 200 kW</p> <p>DC</p> | <p>RAS</p> |
| 2910A | <p>Combustion à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2770, 2771, 2971 ou 2931 et des installations classées au titre de la rubrique 3110 ou au titre d'autres rubriques de la nomenclature pour lesquelles la combustion participe à la fusion, la cuisson ou au traitement, en mélange avec les gaz de combustion, des matières entrantes</p> <p>A. Lorsque sont consommés exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfiés, du biométhane, du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds, de la biomasse telle que définie au a) ou au b) i) ou au b) iv) de la définition de la biomasse, des produits connexes de scierie et des chutes du travail mécanique de bois brut relevant du b) v) de la définition de la biomasse, de la biomasse issue de déchets au sens de l'article L. 541-4-3 du code de l'environnement, ou du biogaz provenant d'installations classées sous la rubrique 2781-1, si la puissance thermique nominale totale de l'installation de combustion (*) est :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Supérieure ou égale à 20 MW, mais inférieure à 50 MW E 2. Supérieure ou égale à 1 MW, mais inférieure à 20 MW DC | <p>Puissance : 1 MW</p> <p>DC</p> | <p>RAS</p> |
| 2910B | <p>B. Lorsque sont consommés seuls ou en mélange des produits différents de ceux visés en A, ou de la biomasse telle que définie au b) ii) ou au b) iii) ou au b) v) de la définition de la biomasse :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uniquement de la biomasse telle que définie au b) ii) ou au b) iii) ou au b) v) de la définition de la biomasse, le biogaz autre que celui visé en 2910-A, ou un produit autre que la biomasse issu de déchets au sens de l'article L. 541-4-3 du code de l'environnement, avec une puissance thermique nominale supérieure ou égale à 1 MW, mais inférieure à 50 MW E 2. Des combustibles différents de ceux visés au point 1 ci-dessus, avec une puissance thermique nominale supérieure ou égale à 0,1 MW, mais inférieure à 50 MW A | <p>Puissance : 1 MW</p> | <p>En cas de mise en place de chaudière hydrogène : Si la puissance est < 0,1 MW : absence de classement ICPE Si puissance > 0,1 MW : Autorisation</p> <p>En cas de chaudière mixte : Si la puissance est < 0,1 MW : chaudière relevant de la rubrique 2910A Déclaration Si puissance > 0,1 MW : Autorisation</p> |
| 4715 | <p>Hydrogène</p> <p>La quantité susceptible d'être présente dans l'installation étant :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Supérieure ou égale à 1 t A 2. Supérieure ou égale à 100 kg mais inférieure à 1 t D | <p>Quantité stockée : 0,7 t</p> <p>D</p> | <p>RAS</p> |

Remarque :

La puissance à considérer est la puissance maximale pouvant fonctionner simultanément. Si les deux chaudières ne peuvent fonctionner en même temps, la puissance la plus forte est sera la référence (990 kW). Dans le cadre d'une chaudière mixte GN/H2 pouvant l'amener à être classé dans différentes rubriques, l'installation de combustion est classée dans la rubrique la plus contraignante.

5. CONCLUSION ET SUITE ENVISAGEABLE

Au regard des données transmises, il convient de se positionner sur le type et la puissance de la chaudière hydrogène. La proposition de l'offre LCI induit la réalisation d'une demande d'autorisation environnementale. (Il faut compte au moins un an de procédure)

6. ANNEXES

CALCULS DE L'ETENDUE DES ZONES ATEX

Les différents calculs sont établis pour les scénarios suivants :

- Fuite réseau H2 30-40 bar vers la cuve de stockage

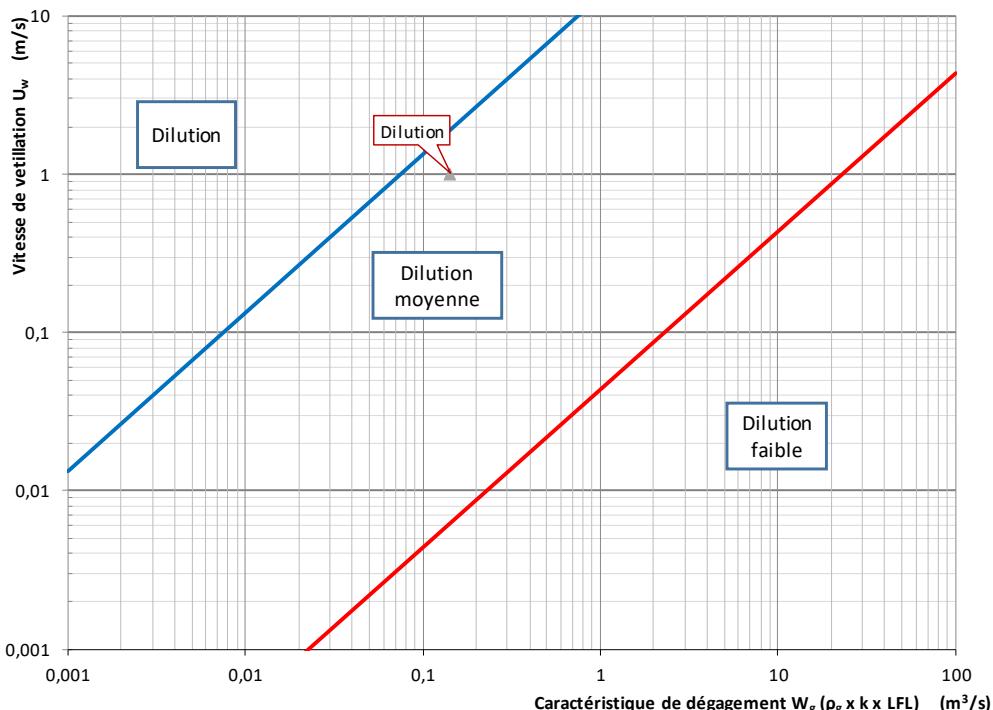
A - ZONAGE DE LA FUITE

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

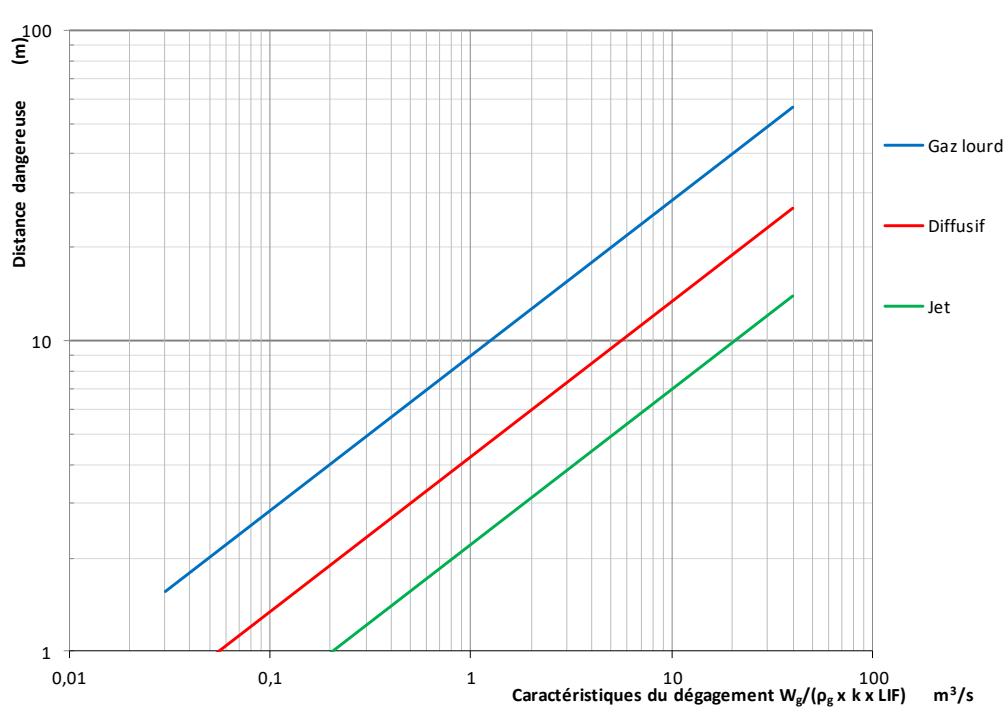
| Gaz | Hydrogène | | Commentaires |
|--|------------|--------------------|--|
| Rapport Cp/Cv des chaleurs spécifiques à pression constante (Cp) et à volume constant (Cv) | $\gamma =$ | 1,4054 | Donnée chimique |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à pression atmosphérique | $\rho_g =$ | 0,085902721 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à la pression Pi | $\rho_i =$ | 2,603990666 | Donnée chimique obtenue par calcul |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 1,000 | Vitesse de ventilation en extérieur issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du gaz (°C) | $T_a =$ | 13 | Température ambiante moyenne |
| Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative) | $P_i =$ | 30,31325 | La pression de service du réseau est d'environ 40 bars |
| Pression interne du gaz dans l'installation (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 31,3265 | |
| Facteur de compressibilité | $Z =$ | 1 | Pour les pressions basses à moyennes (<50 bars), la valeur $Z = 1,0$ peut servir d'approximation raisonnable selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Section de la fuite (m ²) | $S =$ | 0,00000025 | Section de fuite définie pour un organe d'étanchéité sur une partie fixe, selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Coefficient de débit (entre 0,5 et 0,99) | $C_d =$ | 0,99 | 0,99 pour un événement selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression critique (bars) | $P_c =$ | 1,896187653 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | $Type =$ | Ecoulement sonique | Résultat obtenu par calcul comparaison de la pression critique avec la pression interne du gaz |
| Taux de dégagement (kg/s) | $Wg =$ | 0,000489474 | Résultat obtenu par calcul |

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

| | | | |
|---|--------------------------------|------------------|--|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) | 4 | LIE de la substance Hydrogène |
| 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) | $Wg/(p_e \times k \times LII)$ | 0,14245006 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Assez bonne | La ventilation est censée être présente pendant le fonctionnement normal (grâce au volume). Des interruptions sont permises, pourvu qu'elles se produisent de façon peu fréquente et pendant de courtes périodes |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Garnitures de pompes, compresseurs et vannes, où ne sont pas prévus de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal du matériel. |
| 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 | Jet | Un dégagement par jet libre à grande vitesse; (Ecoulement sonique) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | 0,84 | 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

| Degré de dégagement | Efficacité de la ventilation | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Dilution élevée | | | Dilution moyenne | | | Dilution faible |
| | Disponibilité de la ventilation | | | | | | |
| | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne, assez bonne ou médiocre |
| Continu | Non dangereuse (Zone 0 EN) ^a | Zone 2 (Zone 0 EN) ^a | Zone 1 (Zone 0 EN) ^a | Zone 0 | Zone 0 + Zone 2 ^c | 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 ^d |

^a Zone 0 EN, Zone 1 EN ou Zone 2 EN indique une zone théorique dont l'étendue est négligeable dans les conditions normales.
^b L'emplacement en Zone 2 créé par un degré "dégagement secondaire" peut dépasser celui qui correspond à un degré "dégagement primaire" ou à un degré "dégagement continu", auquel cas, il convient de prendre la plus grande distance.
^c La Zone 1 est inutile ici. C'est-à-dire qu'une petite Zone 0 se trouve dans un emplacement où le dégagement n'est pas maîtrisé par la ventilation, et une Zone 2 plus grande en cas de défaillance de la ventilation.
^d 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 n'est souvent pas considérée comme étant bonne.

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

Conclusions :

Existence d'une ATEX de Zone 2 de 0,84 m

La distance retenue est arrondie à 1 m autour des raccordements

- Fuite cuve H2

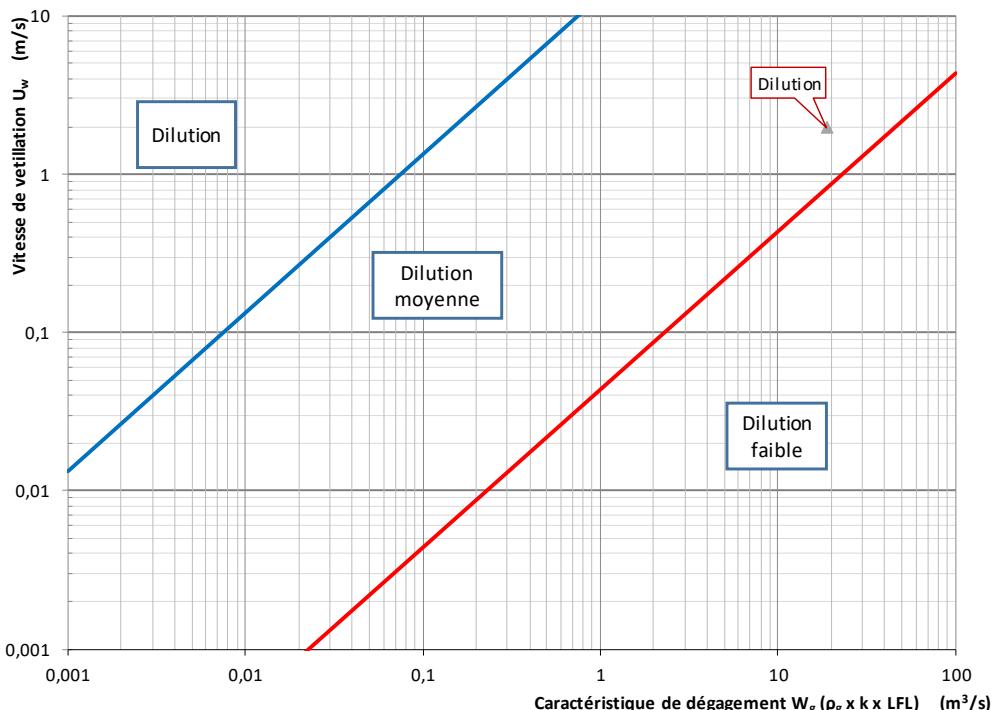
A - ZONAGE DE LA FUITE

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

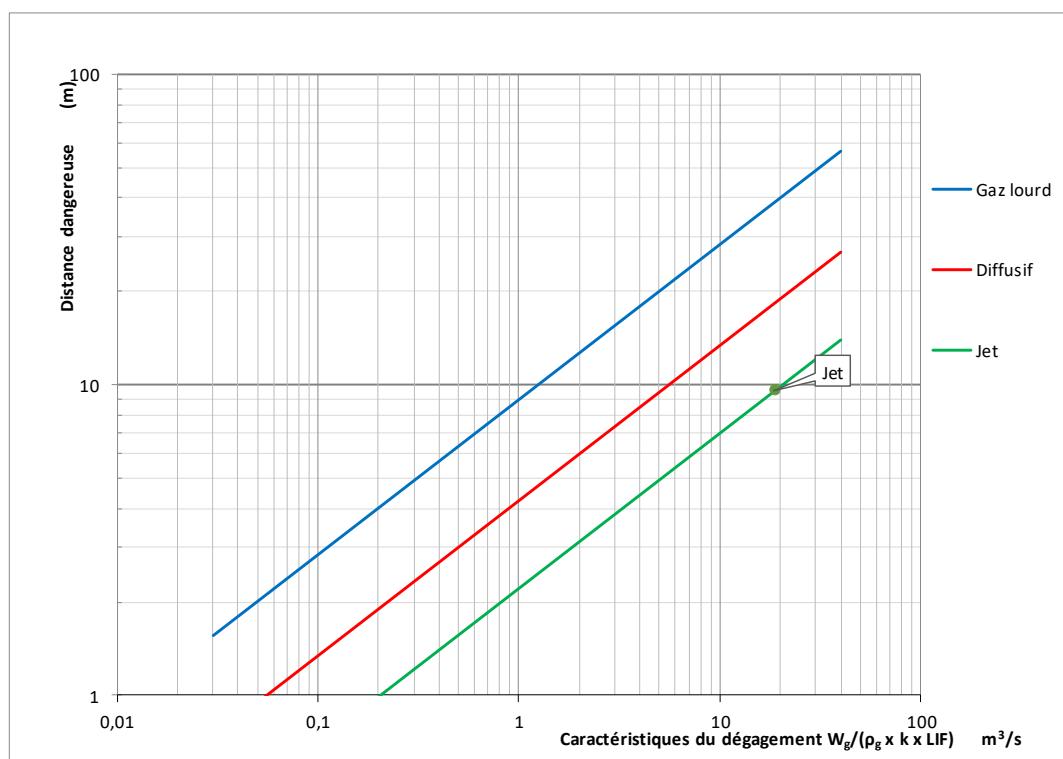
| Gaz | Hydrogène | | Commentaires |
|--|------------|--------------------|--|
| Rapport Cp/Cv des chaleurs spécifiques à pression constante (Cp) et à volume constant (Cv) | $\gamma =$ | 1,4054 | Donnée chimique |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à pression atmosphérique | $\rho_g =$ | 0,085902721 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à la pression Pi | $\rho_i =$ | 2,603990666 | Donnée chimique obtenue par calcul |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 2,000 | Vitesse de ventilation en extérieur issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du gaz (°C) | $T_a =$ | 13 | Température ambiante moyenne |
| Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative) | $P_i =$ | 30,31325 | La pression de service du réseau est d'environ 40 bars |
| Pression interne du gaz dans l'installation (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 31,3265 | |
| Facteur de compressibilité | $Z =$ | 1 | Pour les pressions basses à moyennes (<50 bars), la valeur Z = 1,0 peut servir d'approximation raisonnable selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Section de la fuite (m ²) | $S =$ | 3,31831E-05 | Section de fuite définie pour un organe d'étanchéité sur une partie fixe, selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Coefficient de débit (entre 0,5 et 0,99) | $C_d =$ | 0,99 | 0,99 pour un événement selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression critique (bars) | $P_c =$ | 1,896187653 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | $Type =$ | Ecoulement sonique | Résultat obtenu par calcul comparaison de la pression critique avec la pression interne du gaz |
| Taux de dégagement (kg/s) | $Wg =$ | 0,064968993 | Résultat obtenu par calcul |

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

| | | | |
|---|-----------------------------------|------------------|--|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII(\%)$ | 4 | LIE de la substance Hydrogène |
| 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) | $Wg/(\rho_g \times k \times LII)$ | 18,90772259 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Assez bonne | La ventilation est censée être présente pendant le fonctionnement normal (grâce au volume). Des interruptions sont permises, pourvu qu'elles se produisent de façon peu fréquente et pendant de courtes périodes |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Garnitures de pompes, compresseurs et vannes, où ne sont pas prévus de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal du matériel. |
| 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 | Jet | Un dégagement par jet libre à grande vitesse; (Ecoulement sonique) |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | 9,63 | 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 |
|-------------------|--------|---|

| Degré de dégagement | Efficacité de la ventilation | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Dilution élevée | | | Dilution moyenne | | Dilution faible | |
| | Disponibilité de la ventilation | | | | | | |
| | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne, assez bonne ou médiocre |
| Continu | Non dangereuse (Zone 0 EN) ^a | Zone 2 (Zone 0 EN) ^a | Zone 1 (Zone 0 EN) ^a | Zone 0 | Zone 0 + Zone 2 ^c | 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 ^d |

^a Zone 0 EN, Zone 1 EN ou Zone 2 EN indique une zone théorique dont l'étendue est négligeable dans les conditions normales.
^b L'emplacement en Zone 2 créé par un degré "dégagement secondaire" peut dépasser celui qui correspond à un degré "dégagement primaire" ou à un degré "dégagement continu", auquel cas, il convient de prendre la plus grande distance.
^c La Zone 1 est inutile ici. C'est-à-dire qu'une petite Zone 0 se trouve dans un emplacement où le dégagement n'est pas maîtrisé par la ventilation, et une Zone 2 plus grande en cas de défaillance de la ventilation.
^d 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 n'est souvent pas considérée comme étant bonne.

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

Conclusions :

Existence d'une ATEX de Zone 2 de 9,63 m

La distance retenue est arrondie à 10 m autour de la soupape

- Fuite réseau H2 300 mbar enterré

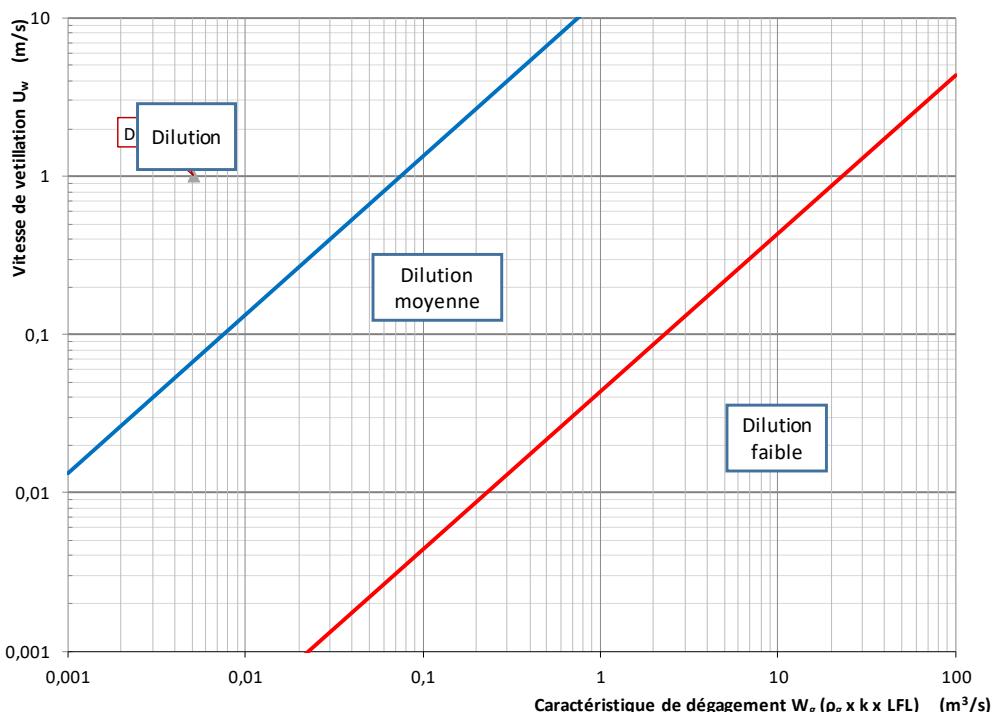
A - ZONAGE DE LA FUITE

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

| Gaz | Hydrogène | | Commentaires |
|--|------------|-----------------------|--|
| Rapport Cp/Cv des chaleurs spécifiques à pression constante (Cp) et à volume constant (Cv) | $\gamma =$ | 1,4054 | Donnée chimique |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à pression atmosphérique | $\rho_g =$ | 0,085902721 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à la pression Pi | $\rho_i =$ | 0,025770816 | Donnée chimique obtenue par calcul |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 1,000 | Vitesse de ventilation en extérieur issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du gaz (°C) | $T_a =$ | 13 | Température ambiante moyenne |
| Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative) | $P_i =$ | 0,3 | La pression de service du réseau est d'environ 40 bars |
| Pression interne du gaz dans l'installation (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,31325 | |
| Facteur de compressibilité | $Z =$ | 1 | Pour les pressions basses à moyennes (<50 bars), la valeur Z = 1,0 peut servir d'approximation raisonnable selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Section de la fuite (m ²) | $S =$ | 0,00000025 | Section de fuite définie pour un organe d'étanchéité sur une partie fixe, selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Coefficient de débit (entre 0,5 et 0,99) | $C_d =$ | 0,99 | 0,99 pour un événement selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression critique (bars) | $P_c =$ | 1,896187653 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | Type = | Ecoulement subsonique | Résultat obtenu par calcul comparaison de la pression critique avec la pression interne du gaz |
| Taux de dégagement (kg/s) | $Wg =$ | 1,75916E-05 | Résultat obtenu par calcul |

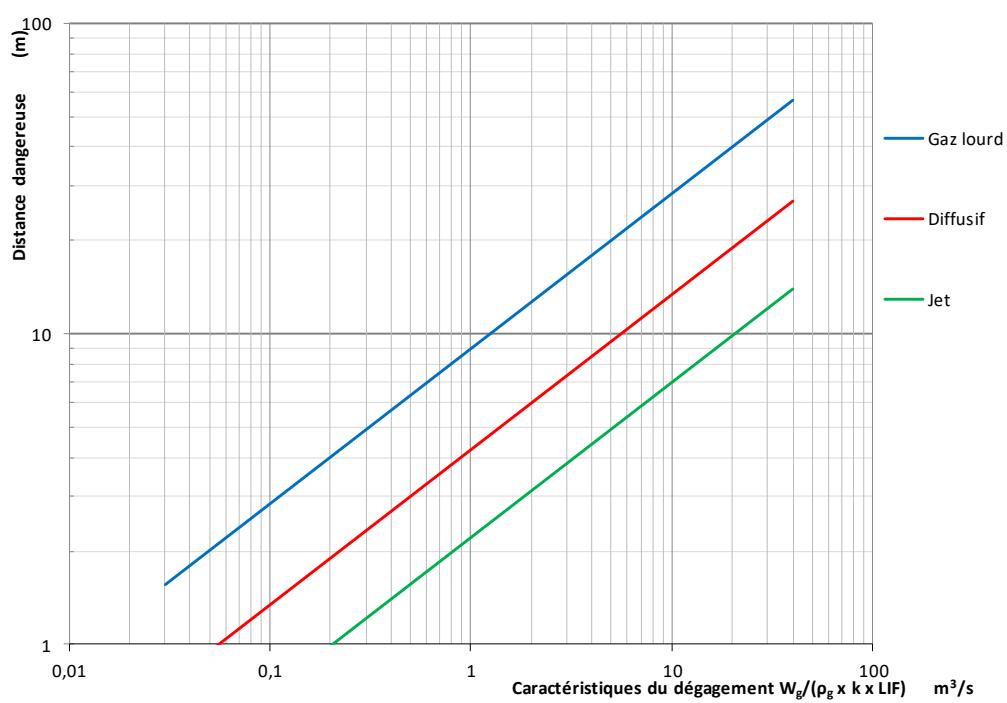
A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|--|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | LII(%) | 4 | LIE de la substance Hydrogène |
| 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) | $Wg/(\rho_g \times k \times LII)$ | 0,005119636 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | Assez bonne | | La ventilation est censée être présente pendant le fonctionnement normal (grâce au volume). Des interruptions sont permises, pourvu qu'elles se produisent de façon peu fréquente et pendant de courtes périodes |
| Degré de dégagement | Secondaire | | Garnitures de pompes, compresseurs et vannes, où ne sont pas prévus de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal du matériel. |
| 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 diffusif |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | 0,30 |

Un dégagement par jet diffusif à basse vitesse ou un jet qui perd sa quantité de mouvement à cause de la 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

| Degré de dégagement | Efficacité de la ventilation | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Dilution élevée | | | Dilution moyenne | | | Dilution faible |
| | Disponibilité de la ventilation | | | | | | |
| | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne, assez bonne ou médiocre |
| Continu | Non dangereuse (Zone 0 EN) ^a | Zone 2 (Zone 0 EN) ^a | Zone 1 (Zone 0 EN) ^a | Zone 0 | Zone 0 + Zone 2 ^c | 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 ^d |

^a Zone 0 EN, Zone 1 EN ou Zone 2 EN indique une zone théorique dont l'étendue est négligeable dans les conditions normales.
^b L'emplacement en Zone 2 créé par un degré "dégagement secondaire" peut dépasser celui qui correspond à un degré "dégagement primaire" ou à un degré "dégagement continu", auquel cas, il convient de prendre la plus grande distance.
^c La Zone 1 est inutile ici. C'est-à-dire qu'une petite Zone 0 se trouve dans un emplacement où le dégagement n'est pas maîtrisé par la ventilation, et une Zone 2 plus grande en cas de défaillance de la ventilation.
^d 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 n'est souvent pas considérée comme étant bonne.

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

Conclusions :

Existence d'une ATEX de Non dangereuse - (Zone 2 EN) de 0,3 m

La distance retenue est arrondie à 0,5 m autour des raccordements

- Fuite chaufferie

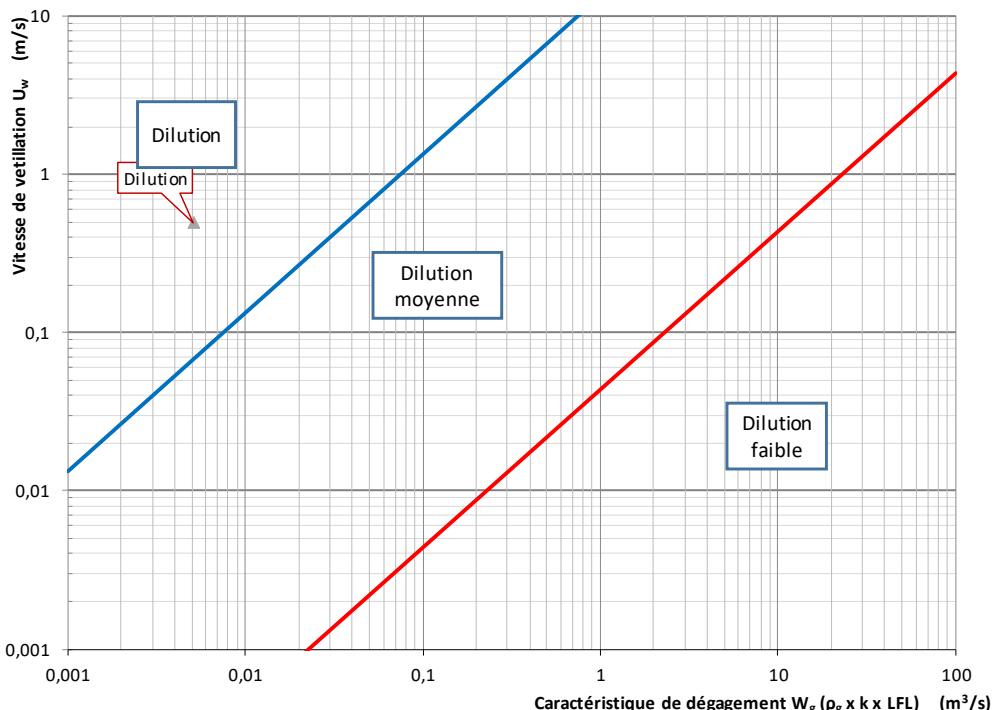
A - ZONAGE DE LA FUITE

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

| Gaz | Hydrogène | | Commentaires |
|--|------------|-----------------------|--|
| Rapport Cp/Cv des chaleurs spécifiques à pression constante (Cp) et à volume constant (Cv) | $\gamma =$ | 1,4054 | Donnée chimique |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à pression atmosphérique | $\rho_g =$ | 0,085902721 | Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$ |
| Masse volumique du gaz (kg/m ³) à la pression Pi | $\rho_i =$ | 0,025770816 | Donnée chimique obtenue par calcul |
| Vitesse d'air (m/s) | $u_w =$ | 0,500 | Vitesse de ventilation en extérieur issue de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Température du gaz (°C) | $T_a =$ | 13 | Température ambiante moyenne |
| Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative) | $P_i =$ | 0,3 | La pression de service du réseau est d'environ 40 bars |
| Pression interne du gaz dans l'installation (bar) (Pression absolue) | $P_i =$ | 1,31325 | |
| Facteur de compressibilité | $Z =$ | 1 | Pour les pressions basses à moyennes (<50 bars), la valeur Z = 1,0 peut servir d'approximation raisonnable selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Section de la fuite (m ²) | $S =$ | 0,00000025 | Section de fuite définie pour un organe d'étanchéité sur une partie fixe, selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Coefficient de débit (entre 0,5 et 0,99) | $C_d =$ | 0,99 | 0,99 pour un événement selon la norme NF EN 60079-10-1 |
| Pression critique (bars) | $P_c =$ | 1,896187653 | Résultat obtenu par calcul issu de la norme NF EN 60079-10-1 |
| Type d'écoulement | Type = | Ecoulement subsonique | Résultat obtenu par calcul comparaison de la pression critique avec la pression interne du gaz |
| Taux de dégagement (kg/s) | $Wg =$ | 1,75916E-05 | Résultat obtenu par calcul |

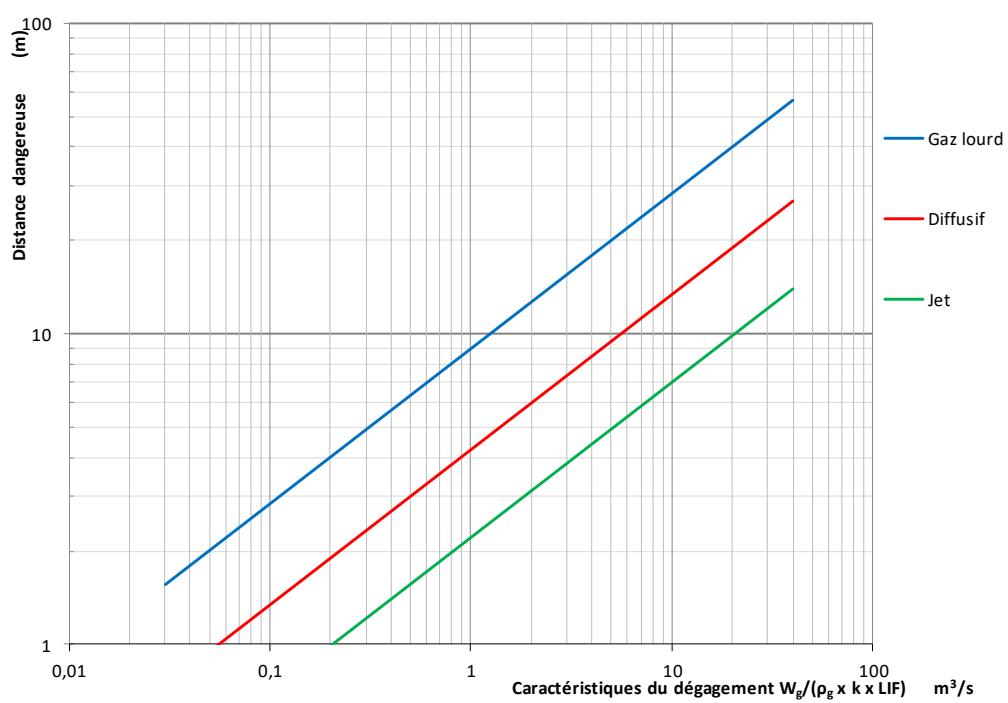
A.2 - CALCUL DU DEGRE DE DILUTION ET DISPONIBILITE DE LA VENTILATION DANS LE LOCAL

| | | | |
|---|----------------------------------|-----------------|--|
| Limite inférieure d'inflammabilité (% vol / vol) | $LII(\%)$ | 4 | LIE de la substance Hydrogène |
| 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) | $Wg(\rho_g \times k \times LII)$ | 0,005119636 | Résultat obtenu par calcul |
| Disponibilité de la ventilation | | Assez bonne | La ventilation est censée être présente pendant le fonctionnement normal (grâce au volume). Des interruptions sont permises, pourvu qu'elles se produisent de façon peu fréquente et pendant de courtes périodes |
| Degré de dégagement | | Secondaire | Garnitures de pompes, compresseurs et vannes, où ne sont pas prévus de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal du matériel. |
| 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 diffusif |
| Etendue de la zone ATEX autour du point d'émission (m) | 0,30 |

Un dégagement par jet diffusif à basse vitesse ou un jet qui perd sa quantité de mouvement à cause de la 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

| Degré de dégagement | Efficacité de la ventilation | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Dilution élevée | | | Dilution moyenne | | | Dilution faible |
| | Disponibilité de la ventilation | | | | | | |
| | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne | Assez bonne | Médiocre | Bonne, assez bonne ou médiocre |
| Continu | Non dangereuse (Zone 0 EN) ^a | Zone 2 (Zone 0 EN) ^a | Zone 1 (Zone 0 EN) ^a | Zone 0 | Zone 0 + Zone 2 ^c | 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 ^d |

^a Zone 0 EN, Zone 1 EN ou Zone 2 EN indique une zone théorique dont l'étendue est négligeable dans les conditions normales.
^b L'emplacement en Zone 2 créé par un degré "dégagement secondaire" peut dépasser celui qui correspond à un degré "dégagement primaire" ou à un degré "dégagement continu", auquel cas, il convient de prendre la plus grande distance.
^c La Zone 1 est inutile ici. C'est-à-dire qu'une petite Zone 0 se trouve dans un emplacement où le dégagement n'est pas maîtrisé par la ventilation, et une Zone 2 plus grande en cas de défaillance de la ventilation.
^d 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 n'est souvent pas considérée comme étant bonne.

A.3 - CONCLUSION : ZONAGE AUTOUR DE LA FUITE

Conclusions :

Existence d'une ATEX de Non dangereuse - (Zone 2 EN) de 0,3 m

La distance retenue est arrondie à 0,5 m autour des raccordements