

Rapport d'étude



SEGULA Technologies
A l'attention de M. Mme xxxxxxxx
71 rue Henri Gautier
44550 MONTOIR DE BRETAGNE

RAPPORT D'ASSISTANCE A LA DETERMINATION DES ZONES ATEX GAZ

Version	Nature de la révision	Validation de Socotec (Signature du chargé de mission)
1	/	Massinissa LHADJ Signature

INTERVENTION

Rapport d'étude ATEX

Mission réalisée le 12/09/2024
Intervenant Massinissa LHADJ
Email : Massinissa.lhadj @socotec.com
Tél. : 06 71 22 15 64

N° D'AFFAIRE : STC00DDA2409000022
DATE D'EDITION DU RAPPORT : 12/09/2024
REFERENCE DU RAPPORT (CHRONO) :

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

Version 2.31

Ag. Env. Pays de Loire-Etudes - E14Q4
2 Rue Jacques Brel
Immeuble METRONOMY 5
SAINT HERBLAIN 44800
France

Rédacteur : Massinissa LHADJ
Nombre de pages : 31 pages
(annexes comprises)

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 mise 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 vigueurs. 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 PARTIE 1 : ZONAGE ATEX5

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.	INTRODUCTION	4
1.1.	CONTEXTE	4
1.2.	RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE	4
1.3.	PRESENTATION GENERALE.....	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
2.	PARTIE 1 : ZONAGE ATEX	5
2.1.	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES INSTALLATIONS.....	5
2.2.	CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES IDENTIFIEES.....	8
2.3.	DISPOSITIFS DE SECURITE GENERALES EXISTANTS.....	8
2.4.	ANALYSE DU RISQUE ATEX GAZ ET VAPEURS	9
2.5.	TABLEAU DE SYNTHESE DES ZONAGES	20
3.	ANNEXES.....	21

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Dans le cadre d'une démarche d'analyse et de maîtrise de ses risques explosifs, la société **SEGULA Technologies** 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. Il faudra vérifier la conformité du matériel placé en zones à risques et de proposer un plan d'action pour répondre aux obligation du décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002, relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail. **Cette prestation n'est pas incluse dans la commande.**

1.2. RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE

Deux Directives européennes, concernant les atmosphères explosives, ont été éditées 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.

2. PARTIE 1 : ZONAGE ATEX

2.1. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES INSTALLATIONS

Les équipements et substances pouvant constituer un risque ATEX potentiel concernés par le process sont identifiées dans le tableau ci-dessous :

N°	Localisation	Installation/Equipement	Substance dangereuse identifiée	Mode de fonctionnement	Photographie de l'installation	Analyse du risque ATEX
1	Alimentation en eau ultra-pure (Ultra-pure water feed)	Pompe à haute pression	Aucune	<p>L'eau ultra-pure est injectée dans le séparateur d'hydrogène B-1001 par une pompe à haute pression, fonctionnant à environ 32,5 barg.</p> <p>L'eau d'alimentation pour l'électrolyse est de l'eau de déminéralisation ultra-pure.</p> <p>Ce flux d'eau doit en permanence compenser la consommation d'H₂O.</p> <p>La quantité nécessaire varie en fonction de l'eau utilisée dans le processus d'électrolyse et de celle perdue par vaporisation dans les gaz du produit.</p>		<p>Cette installation n'est pas retenue pour la suite de l'étude</p>
2	ÉLECTROLYSE ALCALINE (Alkaline electrolysis)	Piles	Hydrogène	<p>L'eau est divisée en ses composants par le processus d'électrolyse dans les piles (U-1001 pour la configuration standard XL, U-1002 pour la configuration prototype XL et U-1003/1004/1005/1006 pour la configuration standard 1MW piles de cellules).</p> <p>Chaque configuration consomme ~4 MW pour produire ~800 Nm³ /h H₂.</p> <p>Un empilement est principalement composé d'un certain nombre de cellules d'électrolyse.</p> <p>Une cellule d'électrolyse se compose essentiellement de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Anode Diaphragme Cathode <p>Le KOH est utilisé comme électrolyte de l'électrolyse alcaline. Après le premier remplissage du circuit d'électrolyte, le KOH ne sera pas consommé pendant le fonctionnement normal. Néanmoins, après plusieurs années de fonctionnement, il peut être recommandé de remplacer l'électrolyte KOH pour purger les impuretés accumulées.</p> <p>L'équipement est principalement conçu pour distribuer l'énergie électrique nécessaire pour diviser l'eau, catalyser la réaction et réaliser une séparation spatiale des réactions d'oxydoréduction en cours.</p>		<p>Cette installation est retenue pour la suite de l'étude.</p> <p>Risque de mise en suspension de vapeurs d'hydrogène pour les cas suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> Fuite d'hydrogène au niveau des canalisations et des équipements <p>Mélange accidentel d'oxygène et d'hydrogène dans l'électrolyseur</p>

N°	Localisation	Installation/Equipement	Substance dangereuse identifiée	Mode de fonctionnement	Photographie de l'installation	Analyse du risque ATEX																																							
3 SÉPARATION DES GAZ ET DES LIQUIDES (GAS AND LIQUID SEPARATION)	Séparateur de gaz	Hydrogène		<p>À partir de la sortie de la cheminée, un flux diphasique composé des gaz de produit H₂ et O₂ et de l'électrolyte est conduit dans un séparateur dédié B-1001 pour l'hydrogène et B-1003 pour l'oxygène. Un temps de séjour de 1,6 minute est prévu pour que le gaz et le liquide se séparent. La pression des deux séparateurs B-1001 et B-1003 est à peu près la même au moyen d'un régulateur de pression à plage divisée.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>EQUIPMENT</th> <th>TAG NUMBER</th> <th>DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P-1001A</td> <td></td> <td>ELECTROLYTE COOLER</td> </tr> <tr> <td>E-1003</td> <td></td> <td>ELECTROLYTE COOLER</td> </tr> <tr> <td>F-1001</td> <td></td> <td>ELECTROLYTE SUPPLY/STREAM FILTER</td> </tr> <tr> <td>U-1001</td> <td></td> <td>14MM STANDARD CELL STACK</td> </tr> <tr> <td>U-1002</td> <td></td> <td>14MM PROTOTYPE CELL STACK</td> </tr> <tr> <td>U-1003/1006</td> <td></td> <td>2x1MM STANDARD CELL STACK</td> </tr> <tr> <td>B-1001</td> <td></td> <td>HYDROGEN SEPARATOR</td> </tr> <tr> <td>E-1001</td> <td></td> <td>HYDROGEN COOLER</td> </tr> <tr> <td>B-1002</td> <td></td> <td>HYDROGEN CONDENSATE POT</td> </tr> <tr> <td>B-1003</td> <td></td> <td>OXYGEN SEPARATOR</td> </tr> <tr> <td>E-1002</td> <td></td> <td>OXYGEN COOLER</td> </tr> <tr> <td>B-1004</td> <td></td> <td>OXYGEN CONDENSATE POT</td> </tr> </tbody> </table>	EQUIPMENT	TAG NUMBER	DESCRIPTION	P-1001A		ELECTROLYTE COOLER	E-1003		ELECTROLYTE COOLER	F-1001		ELECTROLYTE SUPPLY/STREAM FILTER	U-1001		14MM STANDARD CELL STACK	U-1002		14MM PROTOTYPE CELL STACK	U-1003/1006		2x1MM STANDARD CELL STACK	B-1001		HYDROGEN SEPARATOR	E-1001		HYDROGEN COOLER	B-1002		HYDROGEN CONDENSATE POT	B-1003		OXYGEN SEPARATOR	E-1002		OXYGEN COOLER	B-1004		OXYGEN CONDENSATE POT
EQUIPMENT	TAG NUMBER	DESCRIPTION																																											
P-1001A		ELECTROLYTE COOLER																																											
E-1003		ELECTROLYTE COOLER																																											
F-1001		ELECTROLYTE SUPPLY/STREAM FILTER																																											
U-1001		14MM STANDARD CELL STACK																																											
U-1002		14MM PROTOTYPE CELL STACK																																											
U-1003/1006		2x1MM STANDARD CELL STACK																																											
B-1001		HYDROGEN SEPARATOR																																											
E-1001		HYDROGEN COOLER																																											
B-1002		HYDROGEN CONDENSATE POT																																											
B-1003		OXYGEN SEPARATOR																																											
E-1002		OXYGEN COOLER																																											
B-1004		OXYGEN CONDENSATE POT																																											
H ₂ Séparation	Hydrogène		<p>L'H₂ et l'électrolyte sont séparés par le B-1001. Le gaz H₂, saturé d'eau, est envoyé au refroidisseur de gaz H₂ E-1001.</p> <p>La pression du séparateur est réglée à environ 28 barg ou 32 barg</p> <p>Le gaz H₂ peut être envoyé vers un procédé en aval (PDU) ou, si le flux peut ou ne doit pas être traité en aval, envoyé vers un événement H₂.</p>																																										
O ₂ Séparation	Oxygène Hydrogène		<p>L'O₂ et l'électrolyte sont séparés par le B-1003.</p> <p>Le gaz O₂, saturé d'eau, est envoyé au refroidisseur de gaz O₂ E-1002.</p> <p>La pression du séparateur est réglée à environ 28 barg</p> <p>Existence d'un détecteur d'hydrogène au sein du séparateur qui aura pour action de stopper le process en cas de détection.</p>		<p>Cette installation est retenue pour la suite de l'étude.</p>																																								

N°	Localisation	Installation/Equipement	Substance dangereuse identifiée	Mode de fonctionnement	Photographie de l'installation	Analyse du risque ATEX
4	Refroidissement des gaz	Les Refroidisseurs H2 et O2	Hydrogène	<p>Les gaz de produit des séparateurs sont dirigés vers les ensembles de refroidissement de gaz E-1001 pour l'hydrogène et E-1002 pour l'oxygène afin de réduire la température.</p> <p>Simultanément, l'eau est condensée et recirculée vers l'aspiration de la pompe P-1001-A/B à travers une boucle de recyclage qui comprend un fût de condensat (B-1002 pour l'hydrogène et B-1004 pour l'oxygène) et une pompe à condensat (P-1002 pour l'hydrogène et P-1003 pour l'oxygène).</p> <p>L'H2 est refroidi à 30 °C avant d'être envoyé au traitement des gaz.</p> <p>L'O2 est refroidi à 30 °C avant d'être envoyé à l'évent.</p>		<p>L'installation de refroidissement d'hydrogène est retenue pour la suite de l'étude.</p> <p>L'installation de refroidissement d'oxygène n'est pas retenue pour la suite de l'étude</p> <p>Absence de substance dangereuse d'hydrogène (combustible) dans le refroidisseur d'O2</p>
5	Condensation	Cuve de condensat	Hydrogène	<p>Le gaz séparé provenant des refroidisseurs est à une température réduite, ce qui permet à l'eau contenue dans le gaz de se condenser et d'être recirculée à travers une boucle comprenant une cuve de condensat.</p> <p>Les condensats pourraient contenir des résidus d'hydrogène. Il est important de s'assurer que ce mélange est bien pris en compte pour la sécurité et la gestion des zones ATEX.</p>		<p>Cette installation est retenue pour la suite de l'étude.</p>
6	Extérieur	Event	Hydrogène	Certains équipements tel que la cuve de condensat et séparateur d'hydrogène sont équipés de soupapes de sécurité tarées et reliées à un événement extérieur en toiture		<p>Cette installation est retenue pour la suite de l'étude.</p>

2.2. CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES IDENTIFIEES

2.2.1. Produits liquides et 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 :

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	LII (%)	LSI (%)	Classe T°	Classe de gaz	Source
Hydrogène	0,07	Gaz	560	G	4	77	T1	IIC	NF EN 80079-20-1

G : Gaz ; GL : Gaz Liquéfié ; L : Liquide ; NC : Non Connue

*Estimé d'après la composition

Dans les zones où coexistent plusieurs produits pouvant être à l'origine d'une atmosphère explosive, les produits les plus pénalisants sont à considérer pour la définition du matériel à mettre en place dans ces zones.

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive ; il appartient à **SEGULA Technologies** de la compléter ou de la corriger pour être au plus proche de la réalité.

2.2.2. Produits solides pulvérulents

Il n'a pas été recensé de produits solides pulvérulents susceptibles de générer la survenance d'une atmosphère explosive au niveau des installations XL PILOTE

2.3. DISPOSITIFS DE SECURITE GENERALES EXISTANTS

2.3.1. Ventilation de l'installation

Le site est ouvert, ventilé naturellement.

Les locaux fermés sont ventilés par une VMC. Cependant, en l'absence de données de débit, ils seront considérés comme ventilés naturellement.

2.3.2. Détection et extinction

L'atelier est équipé en détecteur de H2 à chaque poste de travail.

Des extincteurs adaptés aux risques à combattre sont positionnés sur l'ensemble du site.

2.4. ANALYSE DU RISQUE ATEX GAZ ET VAPEURS

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

En fonctionnement normal, l'installation de production d'hydrogène ne dégage pas de gaz inflammables à l'atmosphère ou dans le local.

En revanche, en mode accidentel, des fuites de gaz peuvent se produire sur les brides, pompes ou raccords des canalisations ou au niveau des organes d'étanchéité des équipements.

2.4.1. Risque ATEX : fuite sur Piles (ÉLECTROLYSE ALCALINE)

Scénario :

Le scénario retenu ici est un scénario majorant avec une fuite sur un organe d'étanchéité

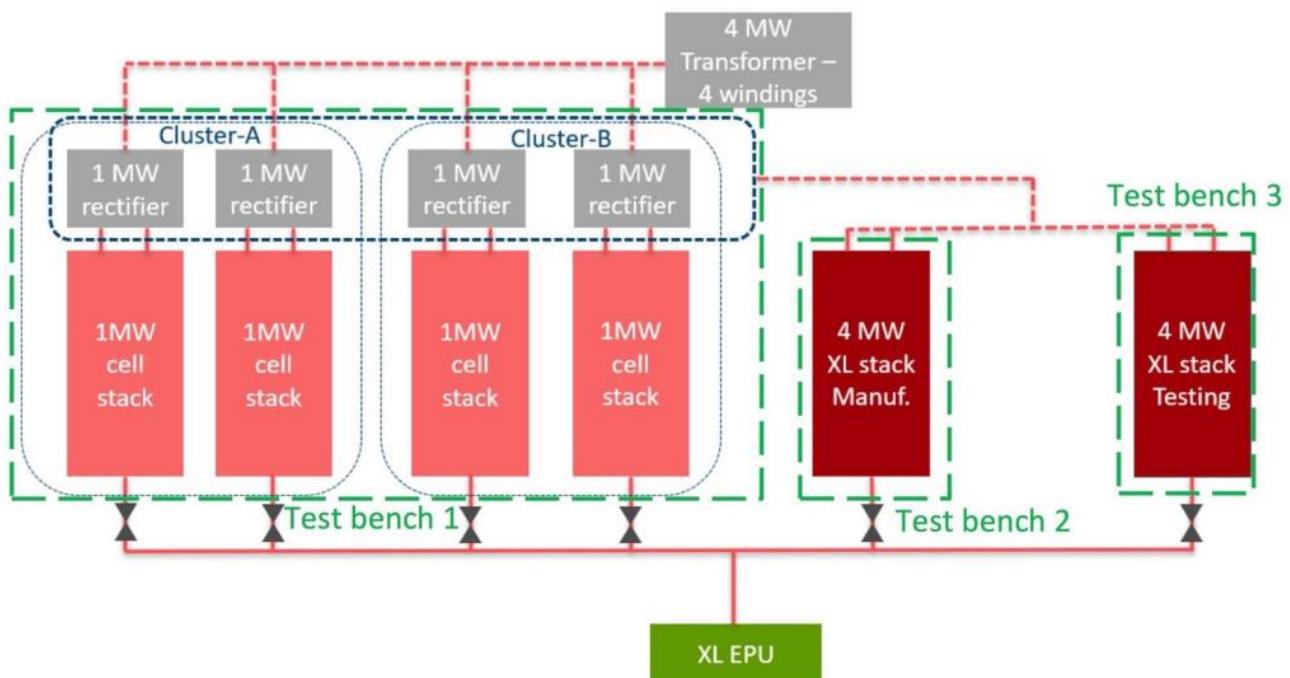


Figure 1 : Schéma du projet pilote XL

Compte tenu du nombre d'emplacement des vannes ou raccords en intérieur et de leurs différentes conditions de ventilation, le débit retenu dans le présent calcul correspond.

En l'absence de ventilation mécanique, la ventilation considérée est issue de la norme NF EN 60079-10-1 et correspond à une ventilation passive naturelle soit 0,05m/s.

Donnée de l'étude :

Un empilement est principalement composé d'un certain nombre de cellules d'électrolyse.

Conditions de fonctionnement pour le débit et l'équipement :

Specification	Unit	Value
Hydrogen (dry) (Min / Norm / Max)	vol-%	99.2 / 99.5 / 99.7
H ₂ O	vol-%	Saturated at 30°C
Oxygen, (dry) (Min / Norm / Max)	vol-%	0.3 / 0.5 / 0.8
Pressure, (Min / Max)	barg	27.1 / 31.6
Temperature (Min / Norm / Max),	°C	9 / 30 / 50
Design Pressure	barg	F.V. / 37
Design Temperature	°C	-20 / 100

Figure 2 : Les spécifications du produit Hydrogène à la sortie de l'EPU.

- La pression nominale est de 34 barg pour les stacks de 1 MW et de 37 barg pour les stacks de 4 MW.
- La pression qui sera prise en compte dans l'étude est la pression maximale de 37 Barg

La fiche de calcul de la page suivante présente l'ensemble des données d'entrée utilisées pour le calcul ainsi que les résultats associés.

1ere feuille de calcul pour une température minimale de -20 degré C°

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)	y =	1,4054	Donnée chimique
Masse volumique du gaz (kg/m ³) à pression atmosphérique	p _g =	0,097107424	Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$
Masse volumique du gaz (kg/m ³) à la pression P _i	p _i =	3,592974691	Donnée chimique obtenue par calcul
Vitesse d'air (m/s)	u _w =	0,050	Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1
Température du gaz (°C)	T _a =	-20	Température minimale
Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative)	P _i =	37	La pression nominale de service est d'environ 37 bars
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)	W _g =	0,000631503	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 _(%vol)	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)	W _g /(ρ _g × k × LII)	0,16257846	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)		0,89	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 0,89 m	La distance retenue est arrondie à 1 m autour des vannes, brides et raccordements
---------------	--	---

Figure 3 : Extrait de l'outil de calcul SOCOTEC pour le calcul du zonage d'une vanne de coupure, d'un raccordement à l'électrolyseur (Pile) à -20°C°

2eme feuille de calcul pour une température de conception maximale de 100 degré C°

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	$\rho_g =$	0,06586643	Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$
Masse volumique du gaz (kg/m^3) à la pression Pi	$\rho_i =$	2,4370579	Donnée chimique obtenue par calcul
Vitesse d'air (m/s)	$u_w =$	0,050	Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1
Température du gaz (°C)	$T_a =$	100	Température maximale
Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative)	$P_i =$	37	La pression nominale de service est d'environ 37 bars
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 évent 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)	$W_g =$	0,000520093	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)	$W_g/(\rho_g \times k \times LII)$	0,197404551	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)		0,98	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 0,98 m	La distance retenue est arrondie à 1 m autour des vannes, brides et raccordements
---------------	--	---

Figure 4 : Extrait de l'outil de calcul SOCOTEC pour le calcul du zonage de l'électrolyseur et des vannes de coupure, tous raccordement à l'électrolyseur (Pile) à 100 C°

CONCLUSION :

De ce fait, une zone ATEX de **niveau 0** est présente à l'intérieur de l'électrolyseur et des équipements raccordés (canalisations d'hydrogène), ainsi qu'une zone de **niveau 2** dans un **rayon de 1 mètre autour** de l'électrolyseur, incluant toutes les vannes, brides et raccordements contenant de l'hydrogène.

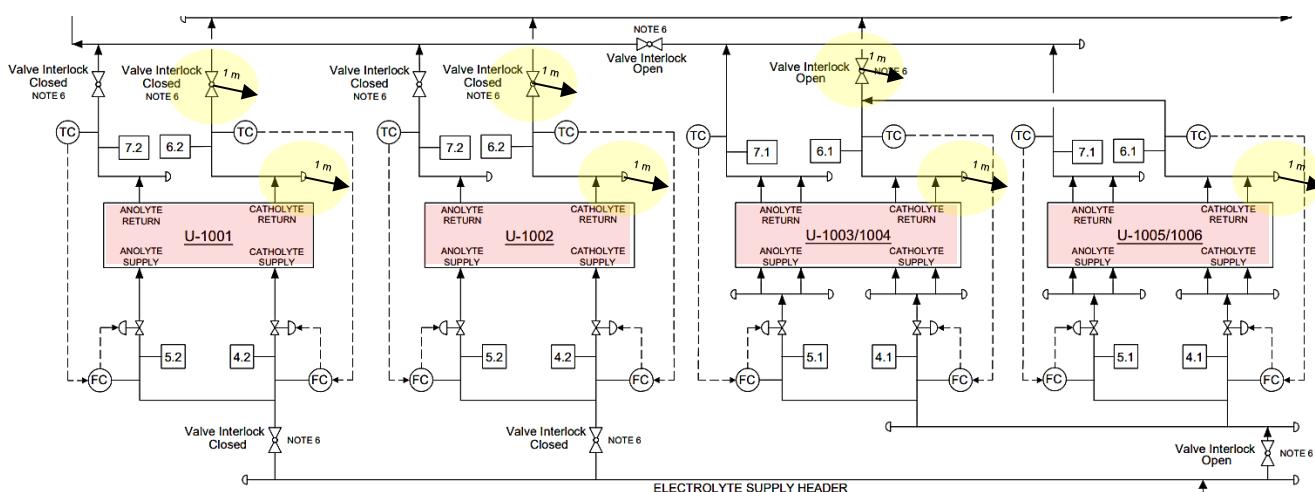


Figure 5 : Schéma d'illustration des zones ATEX pour l'électrolyseur

Nota : Le schéma a été réalisé sur la base des informations et P&ID communiqués. Toute vanne, bride ou point de raccordement non représenté sur le P&ID devra être pris en compte par l'exploitant dans le cadre de la prévention des risques d'atmosphères explosives selon la conclusion émise pour cette installation.

2.4.2. Risque ATEX Séparateur de gaz : séparateur d'hydrogène

Scénario :

Dans le cas d'une fuite de gaz sur le séparateur d'hydrogène et équipements raccordés.

Le fluide diphasique composé des gaz de produit H₂ et O₂ et de l'électrolyte issu de l'électrolyseur est acheminé vers des séparateurs.

L'H₂ et l'électrolyte sont séparés par le B-1001. L'électrolyte est renvoyé à l'aspiration de la pompe P-1001-A/B et le gaz H₂, saturé d'eau, est envoyé au refroidisseur de gaz H₂ E-1001.

La pression du séparateur est réglée à environ 28 barg ou 37 barg selon la configuration de l'électrolyseur et son volume est de 10 m³

La fiche de calcul de la page suivante présente l'ensemble des données d'entrée utilisées pour le calcul ainsi que les résultats associés pour cet équipement.

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	$\rho_g =$	0,081083097	Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$
Masse volumique du gaz (kg/m^3) à la pression Pi	$\rho_i =$	3,000074577	Donnée chimique obtenue par calcul
Vitesse d'air (m/s)	$u_w =$	0,050	Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1
Température du gaz (°C)	$T_a =$	30	Température minimale
Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative)	$P_i =$	37	La pression nominale de service est d'environ 37 mbars
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)	$W_g =$	0,000577051	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)	$L_{II,\%}$	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)	$W_g/(\rho_g \times k \times L_{II})$	0,177919709	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)		0,93	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 0,93 m	La distance retenue est arrondie à 1 cm autour des vannes, brides et raccordements du séparateur
---------------	--	--

Figure 6 : Extrait de l'outil de calcul SOCOTEC pour le calcul du zonage du séparateur et vannes de coupure, et tous raccordements au séparateur H2 à 30 °C

CONCLUSION :

De ce fait une **zone de niveau 0** est retenue à l'intérieur du séparateur H2 et d'une **zone de niveau 2** d'un rayon de 1 m autour des vannes, raccords.

Nota : Après consultation de l'étude de danger du séparateur O2, un risque de présence d'hydrogène mélangé à l'O2 a été identifié. Par conséquent, le même zonage que celui du séparateur H2 est appliqué au séparateur O2.

2.4.3. Risque ATEX Les Refroidisseurs : Refroidisseur H2.

L'équipement est désigné sous le nom de E-1002 sur le PID

Scénario :

En cas de fuite de gaz d'hydrogène à partir de la vanne de coupure, ou raccordement.

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	$\rho_g =$	0,081083097	Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$
Masse volumique du gaz (kg/m^3) à la pression Pi	$\rho_i =$	3,000074577	Donnée chimique obtenue par calcul
Vitesse d'air (m/s)	$u_w =$	0,050	Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1
Température du gaz (°C)	$T_a =$	30	Température de fonctionnement à la sortie de l'EPU (Electrolyzer Process Unit)
Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative)	$P_i =$	37	La pression nominale de service est d'environ 37 bars
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 évent 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)	$W_g =$	0,000577051	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)	$L_{II,\%}$	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)	$W_g/(\rho_g \times k \times L_{II})$	0,177919709	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)		0,93	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 0,93 m	La distance retenue est arrondie à 1 cm autour des vannes, brides et raccordements au refroidisseur d'hydrogène
---------------	--	---

Figure 7 : Extrait de l'outil de calcul SOCOTEC pour le calcul du zonage du séparateur et vannes de coupure, et tous raccordements au refroidisseur H2 à 30 °C

CONCLUSION :

De ce fait une **zone de niveau 0** est retenue à l'intérieur du refroidisseur H2 et d'une **zone de niveau 2** d'un rayon de 1 m autour des vannes, raccords.

2.4.4. Risque ATEX : PURIFICATION DE L'HYDROGÈNE

Étant donné qu'il s'agit du même produit ainsi que des mêmes paramètres de pression et de température d'hydrogène au sein de l'équipement de refroidissement, le zonage ATEX reste identique.

CONCLUSION :

De ce fait une **zone de niveau 0** est retenue à l'intérieur du purificateur de H₂ et d'une **zone de niveau 2** d'un rayon de 1 m autour des vannes, raccords.

2.4.5. Risque ATEX : Cuve de condensation

La fiche de calcul de la page suivante présente l'ensemble des données d'entrée utilisées pour le calcul ainsi que les résultats associés pour cet équipement

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	$\rho_g =$	0,081083097	Donnée chimique obtenue par calcul : $(Pa \times M)/(R \times Ta)$
Masse volumique du gaz (kg/m ³) à la pression Pi	$\rho_i =$	3,000074577	Donnée chimique obtenue par calcul
Vitesse d'air (m/s)	$u_w =$	0,050	Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1
Température du gaz (°C)	$T_a =$	30	Température de fonctionnement à la sortie de l'EPU (Electrolyzer Process Unit)
Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative)	$P_i =$	37	La pression nominale de service est d'environ 37 bars
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)	$W_g =$	0,000577051	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)	$W_g / (\rho_g \times k \times LII)$	0,177919709	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)		0,93	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 0,93 m	La distance retenue est arrondie à 1 cm autour des vannes, brides et raccordements de la cuve de
---------------	---	--

Figure 8 : Extrait de l'outil de calcul SOCOTEC pour le calcul du zonage de la cuve de condensation

CONCLUSION :

De ce fait une **zone de niveau 0** est retenue à l'intérieur de la cuve condensat du circuit H2 et d'une **zone de niveau 2** d'un rayon de 1 m autour des vannes, raccords.

2.4.6. Risque ATEX : Event

Le gaz H2 issu du séparateur d'hydrogène peut être envoyé vers un procédé en aval (PDU) ou, si le flux peut ou ne doit pas être traité en aval, envoyé vers un événement H2.

Les conduites d'évacuation H2 sont utilisées dans les cas suivants :

- Au redémarrage de la production jusqu'à ce que la qualité du gaz soit atteinte.
- Pour dépressuriser le système en cas de passage du mode veille à chaud au mode veille à froid ou au mode arrêt.
- Pendant la dépressurisation de sécurité.

- En l'absence de détails du diamètre d'ouverture de l'événement, le diamètre pris en compte est de 50 mm
- La pression maximale prise en compte est de 40 barg.
- La température considérée est 30 °C

La fiche de calcul de la page suivante présente l'ensemble des données d'entrée utilisées pour le calcul ainsi que les résultats associés pour cet équipement.

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	$\rho_g =$	0,081083097	Donnée chimique obtenue par calcul : $(P_a \times M)/(R \times T_a)$
Masse volumique du gaz (kg/m^3) à la pression Pi	$\rho_i =$	3,243323867	Donnée chimique obtenue par calcul
Vitesse d'air (m/s)	$u_w =$	2,000	Vitesse de ventilation en intérieur en absence de ventilation forcée issue de la norme NF EN 60079-10-1
Température du gaz (°C)	$T_a =$	30	Température de fonctionnement à la sortie de l'EPU (Electrolyzer Process Unit)
Pression interne du gaz dans l'installation (barg) (Pression relative)	$P_i =$	40	La pression d'ouverture des soupapes est d'environ de 40 bars
Section de la fuite (m^2)	$S =$	0,00019635	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)	$W_g =$	0,488982642	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)	$L_{II,\%}$	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)	$W_g/(\rho_g \times k \times L_{II})$	150,7659001	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		Primaire	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 faible	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)		27,19	Résultat obtenu par lecture graphique - abaque issu de la norme NF EN 60079-10-1
Type de zone ATEX		Zone 1 ou Zone 0	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 1 ou Zone 0 de 27,19 m	La distance retenue est arrondie à 28 m dirigée vers le haut
---------------	---	--

CONCLUSION :

De ce fait une **zone de niveau 0** est retenue à l'intérieur du conduit de l'événement, avec une **zone de niveau 1** dans un rayon de 28 m dirigée vers le haut, comme illustré dans le schéma ci-dessous. L'hydrogène évacué par l'événement a tendance à monter en raison de sa faible densité. C'est pourquoi le rayon du périmètre de rejet est représenté sous forme d'un cône dirigé vers le haut, afin de mieux illustrer la dispersion verticale du gaz.

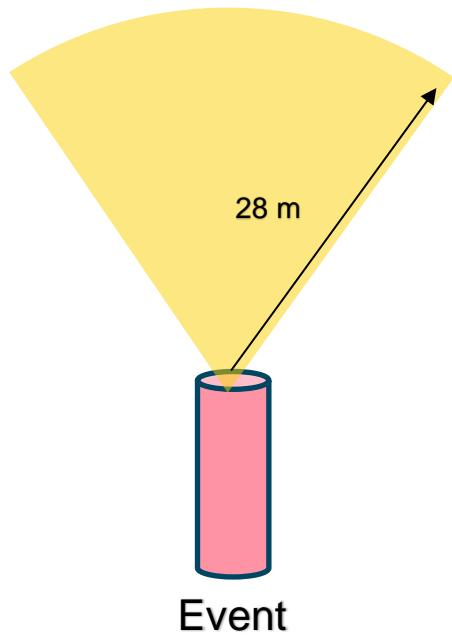


Figure 9 : schéma illustrant la dispersion typique de l'hydrogène dans l'atmosphère lorsqu'il est rejeté par un événement

2.5. TABLEAU DE SYNTHESE DES ZONAGES

N°	Source de dégagement		Matière inflammable		Ventilation			Région dangereuse		
	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
			°C	kPa						
	Piles	Secondaire	30	3700	G	N	Moyenne	Assez bonne	2	Rayon de 1 m autour des vannes, raccords.
	Séparateur H2	Secondaire	30	3700	G	N	Moyenne	Assez bonne	2	Rayon de 1 m autour des vannes, raccords.
	Séparateur O2	Secondaire	30	3700	G	N	Moyenne	Assez bonne	2	Rayon de 1 m autour des vannes, raccords.
	Les Refroidisseur H2 et O2	Secondaire	30	3700	D	N	Moyenne	Assez bonne	2	Rayon de 1 m autour des vannes, raccords.
	Cuve de condensat	Secondaire	30	3700	G	N	Moyenne	Assez bonne	2	Rayon de 1 m autour des vannes, raccords.
	Event	Primaire	30	3700	G	N	Faible	Assez bonne	1	Zone de niveau 1 dans un rayon de 28 m dirigée vers le haut

Tableau 2 Bilan du zonage ATEX

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

Recommandation :

À l'issue de l'étude détaillée du risque ATEX pour chaque équipement inclus dans l'installation de production d'hydrogène, et en fonction des conclusions obtenues, nous vous recommandons de classer toute la zone environnante de l'installation en zone de niveau 2. Cela permettra de minimiser les risques et de simplifier l'organisation des consignes de sécurité.

3. ANNEXES

ANNEXE 1 : TEXTES DE RÉFÉRENCES	22
ANNEXE 2 : MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE ET D'ÉVALUATION DES ATEX	23
ANNEXE 3 : GUIDE DES MESURES TECHNIQUES GÉNÉRALES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION CONTRE LES EXPLOSIONS	30

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, ais 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 Il s'agit d'un dégagement continu ou qui est supposé apparaître fréquemment ou sur de longues périodes. <i>Exemples :</i> <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 Il s'agit d'un dégagement périodique ou occasionnel, prévisible en fonctionnement normal. <i>Exemple :</i> <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, événets et autres ouvertures où sont prévus des dégagements de substances inflammables dans l'atmosphère en fonctionnement normal.
Dégagement Secondaire 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. <i>Exemple :</i> <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 tuyauterie où ne sont pas prévus de dégagements de substances inflammables pendant le fonctionnement normal.

Figure 10 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 :

$$Wg = C_d S \sqrt{P_i \rho_i \left(\frac{2 \gamma}{(\gamma - 1)} \right) \left(1 - \left[\frac{P_a}{P_i} \right]^{\frac{(\gamma-1)/\gamma}{\gamma}} \right) \left[\frac{P_a}{P_i} \right]^{1/\gamma}}$$

Formule 3

Avec :

- > Wg = 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	0,00000025
	Raccords annulaires ou vissés	0,25	0,00000025
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
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 :

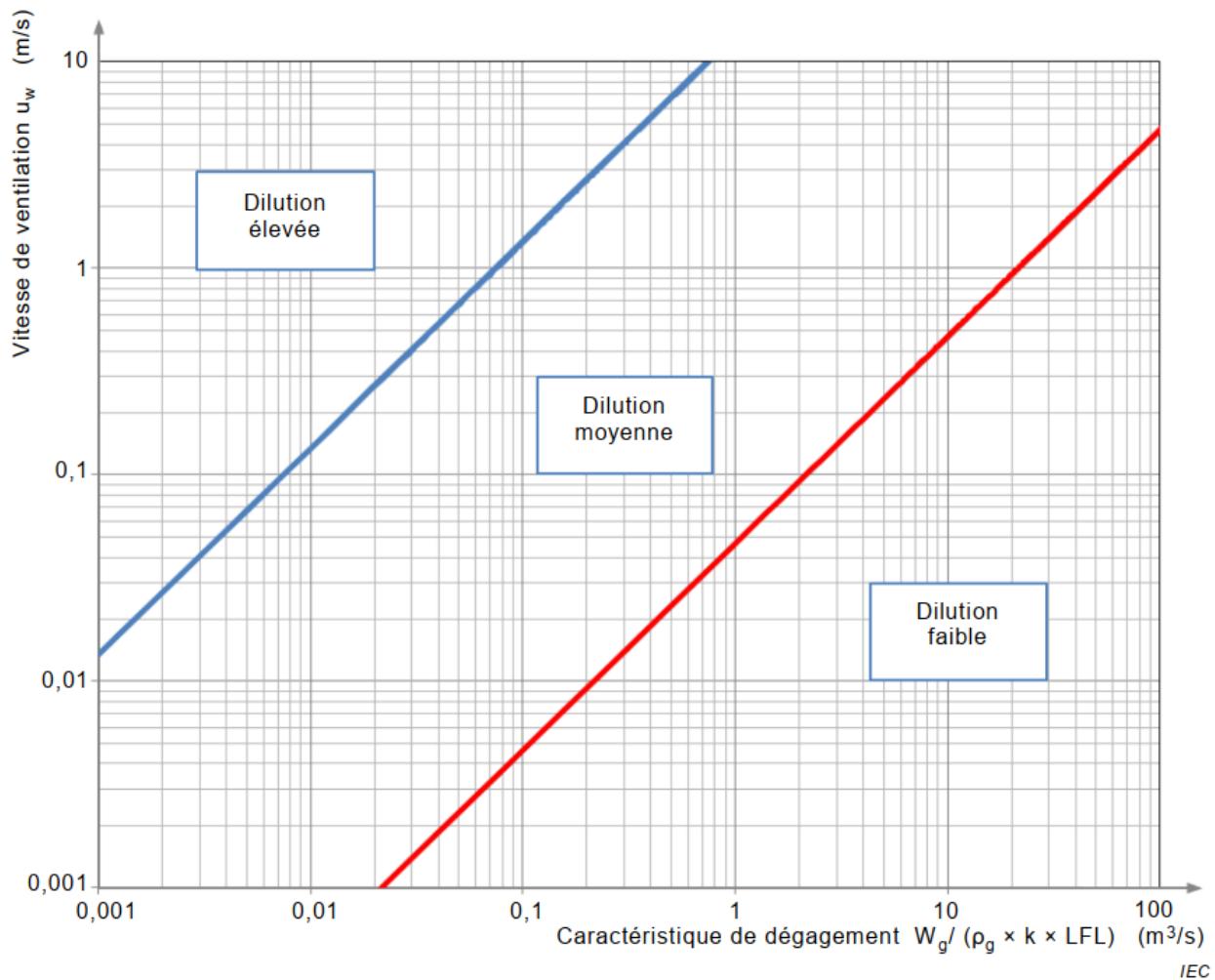


Figure 11 Abaque issu de la norme – degré de dilution

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>
MÉDIOCRE	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 12 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 :

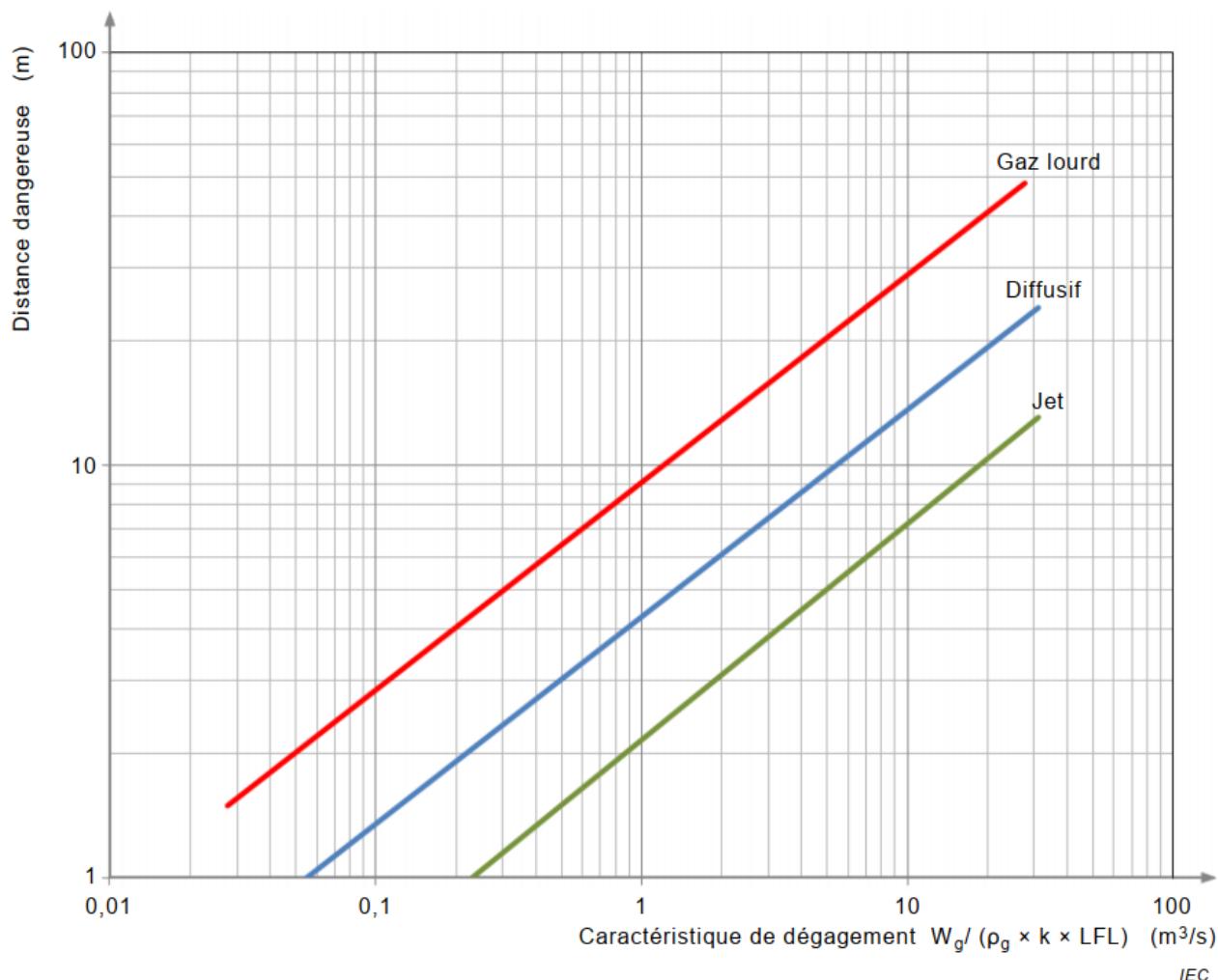
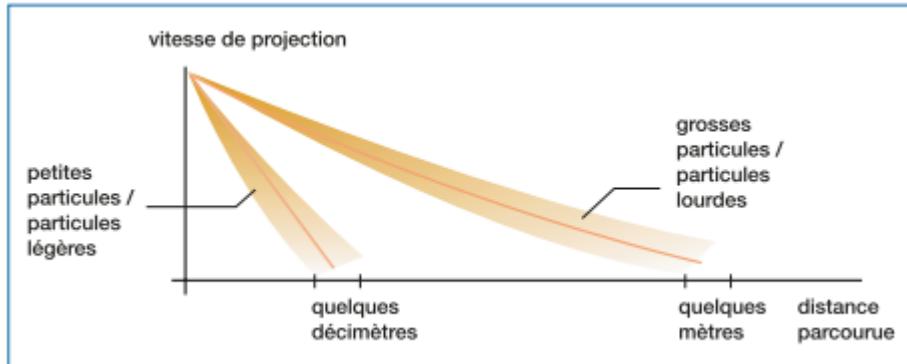


Figure 13 Abaque issu de la norme – étendue de zone

Méthodologie d'analyse du risque ATmosphères EXplosives ATEX poussières

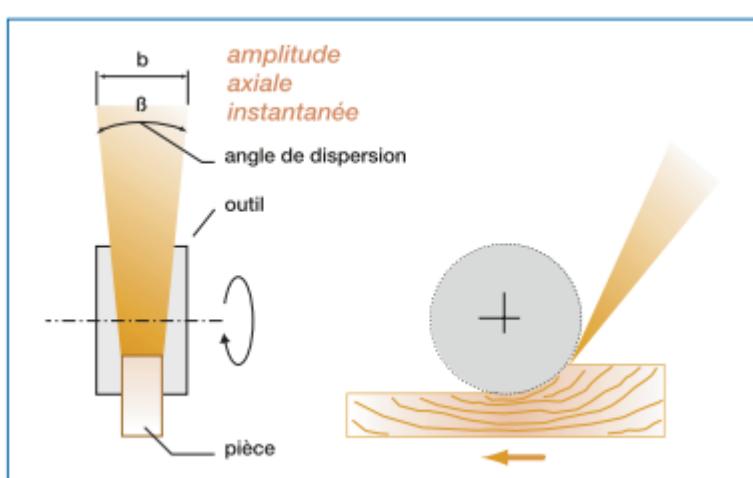
La distance et la concentration des particules dépendent :

- > 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, défonçage ...
- > 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 ...



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.



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 m ³ /h 400-600 mm: ≥ 1100 m ³ /h > 600 mm : ≥ 1400 m ³ /h
Raboteuses sur une face	EN 860 ⁷	Largeur de rabotage : < 400 mm : ≥ 800 m ³ /h 400-600 mm : ≥ 1100 m ³ /h > 600 mm : ≥ 1400 m ³ /h
Machines combinées à raboter et à dégauchir	EN 861 ⁷	Largeur de dégauchissage : < 400 mm : ≥ 800 m ³ /h 400-600 mm : ≥ 1100 m ³ /h >600 mm: ≥ 1 400 m ³ /h
Scies à ruban		
Scies à ruban	EN 1807	Diamètre du volant : ≤ 500 mm : ≥ 450 m ³ /h > 500 mm : ≥ 700 m ³ /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 m ³ /h 315-400 mm : ≥ 1 100 m ³ /h > 400 mm : ≥ 1 400 m ³ /h
Scies circulaires à panneaux horizontales à presseur	EN 1870-13	≥ 2 500 m ³ /h
Scies circulaires à panneaux verticales	EN 1870-14	≥ 1 500 m ³ /h
Scies circulaires : tronçonneuses à coupe verticale	EN 1870-3	≥ 350 m ³ /h
Scies circulaires à déliminer multilames à chargement et/ou déchargement manuel	EN 1870-4	≥ 2 500 m ³ /h
Scies circulaires combinées à table et à coupe transversale ascendante	EN 1870-5	≥ 350 m ³ /h
Délineuses monolames à déplacement mécanisé du groupe de sciage et à chargement manuel et/ou déchargement manuel	EN 1870-8	≥ 1 800 m ³ /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 m ³ /h
Tronçonneuses monolames automatiques et semi-automatiques à coupe ascendante	EN 1870-10	≥ 800 m ³ /h
Tronçonneuses automatiques et semi-automatiques à coupe horizontale (scies circulaires radiales)	EN 1870-11	≥ 800 m ³ /h
Tronçonneuses pendulaires	EN 1870-12	≥ 800 m ³ /h
Tronçonneuses multilames à avance mécanisée de la pièce et à chargement et/ou déchargement manuels	EN 1870-15	≥ 800 m ³ /h par lame
Tronçonneuses doubles à coupe en V	EN 1870-16	≥ 800 m ³ /h
Tronçonneuses manuelles à coupe horizontale avec une unité de sciage (scies circulaires radiales manuelles)	EN 1870-17	≥ 800 m ³ /h
Machine à fraiser		
Toupies monobroches à broche verticale	EN 848-1	≥ 1 100 m ³ /h pour découpe droite ≥ 2 000 m ³ /h pour découpe courbe ≥ 1 400 m ³ /h pour réalisation de tenon
Tononneuses		
Tonneuses simples à table roulante	EN 1218-1	≥ 3 000 m ³ /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 m ³ /h
Machines à plaquer sur chant à chaîne(s)	EN 1218-4	≥ 350 m ³ /h par unité générant des poussières
Machines à profiler sur une face à table fixe et avance par rouleaux ou par chaîne		≥ 500 m ³ /h par unité

ANNEXE 3 : GUIDE DES MESURES TECHNIQUES GÉNÉRALES DE PRÉVENTION 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 electrostatique (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 déceler une explosion dans les instants qui suivent immédiatement sa naissance (de l'ordre de 10 millisecondes) et à l'étouffer 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'empoussièlement

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.