الجمهـوريـــة الجزائـــريـــة الديمقـراطيـــة الشـعبيـــة
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التـــعلـــيـــم العـــالـــي والبـحـــث العـلمـــي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Contribution des équipements certifiés ATEX à la maîtrise des risques d'explosion au sein des installations de liquéfaction du gaz naturel

Présenté et soutenu publiquement par :

ABBOUN ABID AHLEM & BELLI NOURHANE

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
TAHRAOUI MOHAMMED	MAA	IMSI	**Président**
TALBI ZAHERA	MCB	IMSI	**Encadrante**
LEBSIR HAYET	Pr	IMSI	**Examinatrice**

Année 2025/2026

RESUME :

Ce travail de recherche propose une analyse stratégique et technique de la maîtrise du risque d'explosion en milieu industriel hautement critique, en se focalisant sur les installations du complexe gazier GL3/Z dédiées au traitement, à la séparation et à la liquéfaction du gaz naturel. Face aux enjeux sécuritaires majeurs, l'étude établit un cadre théorique et normatif rigoureux, exposant les caractéristiques physico-chimiques des atmosphères explosives ainsi que la classification des zones dangereuses. Sur ce socle, la recherche détaille l'ensemble des modes de protection spécifiques aux équipements électriques et non électriques, tout en définissant les protocoles d'inspection et de maintenance indispensables à leur pérennité. Cette dimension théorique se concrétise par une évaluation diagnostique sur le terrain, menée au cœur de l'unité de liquéfaction (Unité 15), à travers le déploiement d'une check-list d'inspection visuelle strictement fondée sur la norme internationale CEI 60079-17. Les résultats de cette étude démontrent de manière univoque que les équipements ATEX constituent l'ultime barrière de prévention des catastrophes industrielles, une efficacité absolue qui reste toutefois conditionnée par une surveillance continue, une traçabilité proactive et un maintien intransigeant de la conformité technique des installations.

Mots clés : GL3/Z, Atmosphères explosives, Classification des zones dangereuses, Equipements ATEX Modes de protection, Une check-list d'inspection visuelle.

ABSTRACT:

This research work provides a strategic and technical analysis of explosion risk management in highly critical industrial environments, focusing on the installations of the GL3/Z gas complex dedicated to the processing, separation, and liquefaction of natural gas. Faced with significant safety challenges, the study establishes a rigorous theoretical and normative framework, outlining the physicochemical characteristics of explosive atmospheres as well as the classification of hazardous areas. Building on this foundation, the research details all the specific protection modes for both electrical and non-electrical equipment, while defining the inspection and maintenance protocols essential for their longevity. This theoretical dimension is put into practice through an on-site diagnostic evaluation conducted at the heart of the liquefaction unit (Unit 15), utilizing a visual inspection checklist strictly based on the international IEC 60079-17 standard. The results of this study unequivocally demonstrate that ATEX equipment serves as the ultimate barrier in preventing industrial disasters—an absolute effectiveness that, however, remains contingent upon continuous monitoring, proactive traceability, and uncompromising maintenance of the installations' technical compliance.

Keywords: GL3/Z, The explosive atmospheres, The classification of hazardous areas, ATEX equipment, Protection modes, Visual inspection checklist.

ملخص:

يقدم هذا العمل البحثي تحليلاً استراتيجياً وتقنياً للسيطرة على مخاطر الانفجار في البيئات الصناعية بالغة الأهمية ، مع التركيز على منشآت مُركّب الغاز "GL3/Z" المخصصة لمعالجة وفصل وتمييع الغاز الطبيعي. وفي ظل التحديات الأمنية الكبرى، ترسخ الدراسة إطاراً نظريا ومعيارياً صارماً، يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأجواء القابلة للانفجار بالإضافة إلى تصنيف المناطق الخطرة. وبناءً على هذا الأساس، يُفصّل البحث جميع أنماط الحماية الخاصة بالمعدات الكهربائية وغير الكهربائية، مع تحديد بروتوكولات الفحص والصيانة الضرورية لضمان إستمراريتها. ويتجسد هذا البعد النظري عمليا من خلال تقييم تشخيصي ميداني، أُجري في قلب وحدة التمييع (الوحدة 15)، عبر تطبيق قائمة تحقق للفحص البصري تستند بشكل صارم إلى المعيار الدولي IEC 60079-17 وتُظهر نتائج هذه الدراسة بشكل قاطع أن معدات ATEX تشكل الحاجز الأمثل للوقاية من الكوارث الصناعية، وهي فعالية مطلقة تظل مع ذلك مرهونة بالمراقبة المستمرة والتتبع الاستباقي والحفاظ الصارم على المطابقة التقنية للمنشآت.

الكلمات المفتاحية : GL3/Z ، الأجواء القابلة للانفجار ، تصنيف المناطق الخطرة ، معدات ATEX ، أنماط الحماية ، تطبيق قائمة تحقق للفحص البصري.

REMERCIMENT

Al Hamdou Lillah. D'abord et avant tout, qui nous a donné le courage, la volonté, la force, ainsi que la patience pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Nos sincères gratitudes s'adressent à notre encadrante ***Mme Talbi Zahera*** *pour son suivi tout long de préparation de notre mémoire, son aide, ses précieux conseils, et son encouragement constant.*

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants de l'IMSI et en particulier les enseignants du département hygiène et sécurité industrielle, nos collègues, ainsi que tous le personnel de l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle avec lesquels nous avons partagé de précieux moments tout au long de nos cinq années d'études.

Nous remercions profondément nos parents, nos frères, et nos sœurs pour leur soutien, leurs encouragements permanents et accompagnement tout au long de nos études. Leur confiance et leurs sacrifices ont été une source constante de motivation.

Enfin, Nous tenons à remercier nos amis ainsi tous nos collègues du complexe GL3/Z pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de cette expérience.

DEDICACE

بسم الله خالقي و ميسر أموري، فما سلكنا البدايات إلا بتيسيره و ما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه، و ما حققنا الغايات إلا بفضله، فالحمد لله شكرا و حبا و امتننا.

من قال: أنا لها.... نالها، و أنا لها، وإن أبت، رغما عنها أتيت بها. أشكر نفسي القوية الصامدة الطموحة التي تحملت كل العثرات رغم كل الصعوبات.

هذا الإنجاز لم يكن يوما إنجاز فرد بل كان ثمرة دعم و تشجيع متواصلٍ، أهدي نجاحي بكل حب:
إلى ذلك البطل الذي أحمل اسمه بكل فخر ، إلى سندي الذي لا يميل ، داعمي الأول ، إلى من بذل لأجلي الغالي و النفيس ، إلى قوتي و قدوتي ، اعتزازي و فخري ، اطمئناني و أمان أيامي ، اليد التي امتدت لي قبل أن أطلب **أبي قرة عيني** .

إلى الإنسانة العظيمة التي أنجبتني و وهبتني الحياة و الأمل ،التي احتضنني قلبها قبل يدها ، إلى من جعل الله الجنة تحت قدميها ، مثلي الأعلى و مدرسة الحياة الأولى ، زهرة عمري التي سهلت لي الشدائد بدعائها و نورت طريقي برضاها **أمي حبيبة قلبي**.

إلى من كانوا سندا لايقل قدرا عن الأب الذين وجودهم نعمة أفتخر بها ، إلى من كان دعمهم قوة دفعتني إلى الأمام، إلى الضلع الذي أستند إليه **أبي العربي** و **أبي بومدين** .

إلى إخوتي من شددت عضدي بهم فكانوا خير ينابيع أرتوي منها ، من شاركوني ا لتعب قبل الفرح ، **حبيبة أختها أمينة** صاحبة القلب الحنون ، النبض الدافئ الذي يزرع في قلبي الأمل كلما ضاقت بي الدنيا، مصدر إلهامي و مأمني ، **أخي إسلام** إتكائي و ضلعي الثابت ، نجومي الصغار **ريتاج ، ملاك ، لؤي ، رزان ، سند.**

إلى الراحلين من الحياة و الباقيين في قلب حفيدتهم **أجدادي رحمهم الله.**
إلى الانتماء الذي أعتز به، والجذور التي أفخر بها عائلة **بلي** و **مختاري** ، أفتخر بأصولي وبانتسابي إليكم، وأحمل اسمكم بكل اعتزاز أينما كنت.

إلى **صديقات و رفيقات دربي**.

إلى كل من دعمني من قريب أو من بعيد.
أسئل الله أن ينفعني بما علمني و أن يزيدني علما و توفيقا .

﴿وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

BELLI NOURHANE

DEDICACE

بسم الله الرحمن الرحيم

.الحمد لله الذي أنار لنا دروب العلم، ومهّد لنا سُبل التوفيق، وأعاننا حتى بلغنا هذا المقام

:أُهدي ثمرة هذا الجهد، وقطاف هذه السنين

إلى النور الذي لم ينطفئ يوماً في عتمة الدروب... إلى من جعلهما الله طوق النجاة ومرافئ الأمان. أبي، طود الصبر ومُعلّم العطاء...وأمي، نبع الحنان ودعاء الأيام. إليكما أُهدي هذا العمل الذي ما كان ليزهر لولا غيث تضحياتكما، أطال الله في عمركما وأدامكما تاجاً يزين مسيرتي.

إلى الأذرع الثابتة حين تميل بي الأيام... شركاء الذكريات ورفقاء الدرب، الذين تسند أرواحهم روحي...إخوتي و أخواتي ، حصني الحصين و سندي المتين.

إلى **امتدادي الأصيل** الذي أستمد منه قوتي واعتزازي، **إلى الجذور الضاربة في الأصالة، وموطن الفخر والانتماء** العائلة الكريمة **"عبون عبيد"** و **"محاري"** إلى كل فردا فيهما، تقديراً لجميل الأثر، وصادق المحبة، والدعم الذي لا ينضب

إليكم جميعاً، أرفع هذا الأثر عربون وفاء ومحبة.

ABBOUN ABID AHLEM

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE 1

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU COMPLEXE GL3/Z 3

I.1. Introduction 4

I.2. Historique du complexe GL3/Z 4

I.3. Situation Géographique Du Complexe GL3/Z 5

I.4. Description de l'usine 6

I.4.1. Présentation générale de l'usine 6

I.4.2. Objectif du complexe GL3/Z 7

I.4.3. Les principales caractéristiques du complexe GL3/Z 7

I.4.4. La capacité de production du complexe GL3/Z 7

I.4.5. Capacité de stockage 8

I.5. Disposition de l'usine 9

I.6. Principe de fonctionnement du méga train 10

I.7. Description des unités 11

I.7.1. Zone des utilités 12

I.7.2. Zone de procédée (Fabrication) 14

I.7.3. zone du stockage et expédition 16

I.7.4. Système Anti-incendie : 18

I.8. Organigramme générale du complexe GL3/Z 18

I.9. Département HSE (hygiène, sécurité, et environnement) 20

I.9.1. Service Prévention 20

I.9.1.1. Section inspection et contrôle 21

I.9.1.2. Section animation 21

I.9.2. Service Intervention 22

I.9.2.1. Section Equipement 22

I.9.2.2. Section Intervention 22

I.9.3. Service Environnement 23
I.10. Les risques majeurs liés au GNL au niveau du complexe GL3/Z 24
I.11. Conclusion 24
CHAPITRE II : NOTION FONDAMENTALES ET CADRE REGLEMENTAIRE ATEX 25
II.1. Introduction 26
II.2. Description d'une ATEX 26
II.3. Description d'une explosion 26
II.4. Les trois facteurs essentiels de l'explosion 27
II.4.1. Le combustible : 27
II.4.3. 1. Energétiques : 27
II.4.3. 2. Humaines : 28
II.4.3. 3. Naturelles : 28
II.5. Domaine d'explosivité 28
II.5.1. Pour gaz, vapeur : 28
II.5.2. Pour poussière : 29
II.6. Deux éléments supplémentaires sont nécessaires pour produire une explosion 30
II.6.1. Mise en suspension 30
II.6.2. Le confinement : 30
II.7. Les substances inflammables les plus dangereuses 30
 II.7.1. 1er Classement 31
 II.7.2. 2éme classement 32
II.8. Températures caractéristiques d'inflammation 32
II.8.1. Le point d'éclair ou point de flash 32
II.8.2. Point d'inflammation 32
II.8.3. Point d'auto-inflammation : 32
II.9. Les secteurs d'activité concernée par ATEX 33
II.10. Classement des zones a risque d'explosion 34

II.11.Marquage des équipements ATEX 35
II.11.1. Conforme à la directive de l'Union Européenne 35
II.11.2. Symbole de protection contre les explosions 36
II.11.3. Catégories et groupes d'équipements ATEX et leurs environnements d'utilisation 36
II.11.4. Modes de protection 37
II.11.4.1 les équipements électriques 37
II.11.4.2. Les équipements non électriques 38
II.11.5. Groupe de gaz en atmosphère explosive 38
II.11.6. Classes de température en atmosphères explosives 39
II.11.7. Niveau de protection d'équipements (EPL) 39
II.11.8. Indice de Protection (IP) 39
II.12. Cadre réglementaire ATEX 42
II.12.1. Directive ATEX 1999/92/CE (ATEX 137) : Protection des travailleurs et obligations de l'employeur. 42
II.12.2 Directive ATEX 2014/34/UE (anciennement 94/9/CE ou ATEX 95) : Exigences applicables aux équipements destinés aux zones ATEX. 42
II.12.3. Décret Exécutif n°14-349 du 08 décembre 2014: Mise en conformité des installations et équipements des activités hydrocarbures. 42
II.12.4. Norme CEI 60079 : Exigences générales pour les équipements électriques destinés aux atmosphères explosibles La norme CEI 60079. 43
II.12.5 Norme CEI 60079-17 : Inspection des équipements électriques en atmosphères explosibles. 43
II.13.Conclusion 43
CHAPITRE III : MODES DE PROTECTION DES EQUIPEMENTS ATEX (PRINCIPES, INSPECTION ET MAINTENANCE) 44
III.1. Introduction 45
III.2. Les modes de protection pour des équipements électriques 45

III.2.1. Mode de protection antidéflagrante « Ex d » 45

III.2.1.1. Les types de joints antidéflagrants 46
III.2.1.2. Inspection des équipements ATEX « EX d » 46
III.2.1.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX d » 46
III.2.1.4. Modification 47
III.2.1.5. Installations 47

III.2.2. Mode de protection sécurité augmenté « Ex e » 48
III.2.2.1. Inspection des équipements ATEX « EX e » 49
III.2.2.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX e » 49
III.2.2.3. Installation 49

III.2.3. Mode de protection par pressurisation « Ex p » 50
III.2.3.1. Gaz de protection 50
III.2.3.2. Inspection des équipements ATEX « EX p » 50
III.2.3.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX p » 51
III.2.4.1. Inspection des équipements ATEX « EX i » 52
III.2.4.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX i » 53

III.2.5. Mode de protection par immersion dans un liquide « Ex o» 53
III.2.5.1. Exemples de matériels « EX o» 53
III.2.5.2. Inspection des équipements ATEX « EX o » 54
III.2.5.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX o » 54

III.2.6. Mode de protection par en capsulage « Ex m » 54
III.2.6.1. Inspection des équipements ATEX « EX m» 55
III.2.6.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX m» 55

III.2.7. Mode de protection par remplissage pulvérulent « Ex q » 55
III.2.7.1. Exemples de matériels « Ex q» 56
III.2.7.2. Inspection des équipements ATEX « Ex q» 56
III.2.7.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex q» 57

III.2.8. Mode de protection enveloppe étanche « EX t » 57

III.2.8.1. Protection contre la pénétration de poussière 58
III.2.8.2. Inspection des équipements ATEX « Ex t» 58
III.2.8.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex t» 58
III.3. Les modes de protection pour des équipements non-électriques 59
III.3.1 Mode de protection par construction « Ex c » 59
III.3.1.1 Inspection des équipements ATEX « Ex c» 59
III.3.1.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex c » 60
III.3.2 . Mode de protection par contrôle des sources d'inflammation « Ex b » 60
III.3.2.1 Inspection des équipements ATEX « Ex b» 61
III.3.2.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex b» 62
III.3.3. Mode de protection par immersion dans un liquide « Ex k » 62
III.3.3.1 Inspection des équipements ATEX « Ex k» 63
III.3.3.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex b» 63
III.4. Conclusion 64
CHAPITRE IV : ETUDE PRATIQUE D'INSPECTION ATEX –CAS DE L'UNITE DE LIQUEFACTION DU COMPLEXE GL3/Z 65
IV.1. Introduction 66
IV.2. Problématique 67
IV.3. L'objectif d'inspection des équipements ATEX 67
IV.4. Méthodologie d'élaboration de la check-list d'inspection des équipements ATEX 68
IV.5. L'application de la méthodologie d'élaboration de la check-list d'inspection des équipements ATEX au niveau l'unité de liquéfaction du complexe GL3/Z 70
IV.5.1. Description du cas d'étude - L'unité de liquéfaction « Unité 15 » du Complexe GL3/Z 70
IV.5.1.1. L'objectif de l'étude dans la section de liquéfaction 72
IV.5.1.2. Identification des zones ATEX 73
IV.5.2. L'élaboration du check liste d'inspection 74
IV.6. Interprétation et Synthèse des Résultats de l'Inspection 85
IV.7. Recommendations 87

IV.8. Conclusion..... 88

CONCLUSION GENERALE..... 89

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Emplacement de l'usine GL3/Z 5
Figure I.2: Emplacement de l'usine GL3/Z dans l'Algérie 6
Figure I. 3 : Vue général du train GL3/Z 6
Figure I 4: Chaîne d'approvisionnement en gaz du projet GL3/Z 7
Figure I.5 :Plan de zonage du complexe GL3/Z 9
Figure I.6 :Schéma fonctionnel global du procédé de liquéfaction 11
Figure I.7:Maquette 3D de la vue d'ensemble de l'usine 11
Figure I. 8:Schéma des unités du méga train GL3/Z 12
Figure I.9 : Schéma des unités des utilités du train GL3/Z 12
Figure I.10:Schéma des unités de zone de procédé du train GL3/Z 14
Figure I. 11:Schéma des unités de zone du stockage du train GL3/Z 16
Figure I.12:Schéma des unités de système anti-incendie du train GL3/Z 18
Figure I.13 : Organigramme de Complexe GL3/Z 19
Figure I.14 : Organigramme du département HSE GL3/Z 20

Figure II. 1 : Panneau Atmosphère Explosive 26
Figure II. 2 : explosion 27
Figure II. 3: Triangle de feu 28
Figure Ⅱ. 4: Domaine d'explosivité (gaz, vapeur) 29
Figure II. 5: Domaine d'explosivité (poussière) 30
Figure II. 6: Panneau danger Matières inflammables 31
Figure II. 7 : Températures caractéristiques d'inflammation 33
Figure II. 8: symboles du classement des zones 35
Figure II. 9: Conforme à la directive de l'Union Européenne 35
Figure II. 10: Symbole de protection contre les explosions 36
Figure II. 11: Marquage des équipements ATEX 41

Figure III. 1 : Boite jonction (Ex d) 45
Figure III. 2: Projecteur d'éclairage (Exd) 45
Figure III. 3:Les types de joints antidéflagrants 46
Figure III. 4: SAQR-ATEX 46
Figure III. 5:Entrée de câble certifié 48
Figure III. 6:Câble et Entrée de câble certifiée 48
Figure III. 7: Boîtes de jonctions (Ex e) 48
Figure III. 8: Luminaire (EX e) 48
Figure III. 9: Moteur pressurisée (Ex p) 50
Figure III. 10: Transmetteur (Ex i) 52

Figure III. 11 : La sonde du détecteur de gaz combustible (Ex i) 52
Figure III. 12: Ballast d'éclairage (Ex m) 55
Figure III. 13: Bobine d'électrovanne (Ex m) 55
Figure III. 14: Boite jonction (Ex t) 57
Figure III. 15: Moteur (Ex t) 57
Figure III. 16: Thermomètre (Ex c) 59
Figure III. 17: Servomoteur pneumatique de vanne (Ex c) 59
Figure III. 18: Pompe à vide (Ex b) 61
Figure III. 19: Pompe centrifuge (Ex k) 63

Figure IV. 1: Vue satellite de l'unité de liquéfaction du complexe GL3/Z 72
Figure IV. 2: Cartographie des zones ATEX unité liquéfaction 73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1 : L'historique du complexe GL3/Z 5
Tableau I.2: Les principales caractéristiques du complexe GL3/Z 7
Tableau I. 3: Capacité de production du complexe GL3/Z 8
Tableau I. 4 : Capacité de stockage du complexe GL3/Z 8
Tableau I. 5 : Description des unités des utilités 13
Tableau I.6 : Description des unités de zone de procédé 15
Tableau I.7 :Description des unités de zone du stockage et expédition 17
Tableau I.8 : Description des unités de Système Anti-incendie 18

Tableau II. 1 : LIE et LSE pour certaines substances *29*
Tableau II. 2 : EMI, IEMS des principaux gaz *31*
Tableau II. 3 : Températures d'inflammation de différents produits combustibles *32*
Tableau II. 4: Catégories et groupes d'équipements ATEX pour les gaz *36*
Tableau II. 5: Les modes de protection des équipements électriques *37*
Tableau II. 6: Les modes de protection des équipements non électriques *38*
Tableau II. 7: Groupes et subdivisions des gaz 38
Tableau II. 8: Classes de température 39
Tableau II. 9: Equipment Protection Level 39
Tableau II. 10: Niveau protection contre les corps solides 40
Tableau II. 11: Niveau protection contre l'infiltration de l'eau 40

Tableau III. 1: Tableau des exigences IP selon le niveau de protection EPL 58

Tableau IV. 1 : Check liste d'inspection des équipements ATEX au niveau unité 15 74

LISTE DES ABREVIATIONS

- **°C** : Degré Celsius.
- **µJ** : Micro Joule.
- **AMDEA** : Solvant Amine Méthyle Diéthylamide Activé.
- **APCI** : Air Products and Chemicals Incorporation.
- **ATEX** : Atmosphère Explosive.
- **BOG** : Boil Off Gas.
- **BP** : Basse Pression.
- **CEI** : Commission Électrotechnique Internationale.
- **CGD** : Combustible Gas Detector.
- **CME** : Concentration Minimale d'Explosivité.
- **EMI** : Énergie Minimale d'Inflammation.
- **GL1K** : Complexes de liquéfaction du Gaz Naturel 01 de Skikda.
- **GL1Z** : Complexes de liquéfaction du Gaz Naturel 01 d'Arzew.
- **GL2Z** : Complexes de liquéfaction du Gaz Naturel 02 d'Arzew.
- **GL3Z** : Complexes de liquéfaction du Gaz Naturel 03 d'Arzew.
- **GN** : Gaz Naturel.
- **GNL** : Gaz Naturel Liquéfié.
- **GPL** : Gaz de Pétrole Liquéfié.
- **GPL1Z** : Complexes de Gaz de Pétrole Liquéfié 01 d'Arzew.
- **GPL2Z** : Complexes de Gaz de Pétrole Liquéfié 02 d'Arzew.
- **GTG** : Générateurs Turbines à Gaz.
- **HHP** : Très Haute Pression.
- **HP** : Haute Pression.
- **HSE** : Hygiène, Sécurité, et Environnement.

- **IEMS** : Interstice Expérimental Maximal de Sécurité.
- **LIE** : Limite Inférieure d'Explosivité.
- **LQS** : Activité Liquéfaction-Séparation.
- **LSE** : Limite Supérieure d'Explosion.
- **m^3** : Mètre Cube.
- **MCHE** : Main Cryogenic Heat Exchanger.
- **mm** : Millimètre.
- **MMPTA** : Millions de Tonnes Métriques Par An.
- **MP** : Moyenne Pression.
- **MR** : Mixed Refrigerant.
- **MW** : Megawatt.
- **Nm^3** : Normal Mètre Cube.
- **PAGA** : Panal Adress General Alarm.
- **PAM** : Protocole d'Assistance Mutuelle.
- **PGE** : Plan de Gestion Environnementale.
- **PR** : Propane Principal.
- **RTD** : Resistance Temperature Detector.
- **SAIPEM** : Società Anonima Italiana Perforazioni E Montaggi.
- **Saqr-ATEX** : Système d'Assurance Qualité Réparateur Atmosphère Explosibles.
- **SI** : Sécurité Intrinsèque.
- **SONATRACH** : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures.
- **SPI** : Système de Prévention d'Inflammation.
- **UE** : Union Européenne.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L’Algérie occupe une place prépondérante sur l’échiquier énergétique mondial, portée par son fleuron industriel, le groupe SONATRACH, qui s'impose comme un acteur incontournable de l’exportation de Gaz Naturel Liquéfié (GNL). Cependant, l’industrie du gaz repose sur la manipulation de substances dont la puissance n’a d'égale que la dangerosité. Dans ce secteur hautement stratégique, le risque d’explosion représente une menace majeure, susceptible d'engendrer de graves pertes matérielles et humaines. La maîtrise de ce risque est donc un impératif absolu pour garantir la pérennité des installations et la sécurité des travailleurs.

C’est dans ce contexte d'exigence opérationnelle stricte que s’inscrit le complexe GL3/Z, un site industriel majeur situé dans la zone d’Arzew. Son processus global, qui englobe le traitement, la séparation et la liquéfaction du gaz naturel, impose la manipulation continue de fluides hautement inflammables sous de fortes pressions et à des températures cryogéniques. Ces conditions d'exploitation complexes favorisent la création potentielle d'Atmosphères Explosives (ATEX) à différentes étapes de la chaîne. Pour opérer en toute sécurité dans ces zones de haute criticité, il est indispensable de s'appuyer sur des équipements spécifiquement conçus, certifiés et entretenus pour empêcher toute source d'inflammation.

Toutefois, l'efficacité de ces équipements ne dépend pas uniquement de leur conception initiale. Dès lors, la question centrale qui guide notre réflexion est la suivante : comment les équipements ATEX contribuent-ils réellement à la maîtrise des risques d’explosion, et dans quelle mesure les opérations d’inspection périodique permettent-elles de garantir leur efficacité et leur conformité dans le temps au sein du complexe GL3/Z ?

Pour répondre à cette problématique, ce mémoire se donne pour objectif d'évaluer sur le terrain la contribution concrète de ces équipements à la sécurité de l'unité de liquéfaction (Unité 15) du complexe GL3/Z. Cette évaluation s'appuie sur une méthodologie d'inspection visuelle rigoureuse, dictée par les exigences de la norme internationale CEI 60079-17, garante du maintien de l'intégrité des modes de protection.

Afin de mener à bien cette étude, notre travail s'articule autour de quatre chapitres complémentaires :

Le premier chapitre dresse une présentation globale du complexe GL3/Z, détaillant son processus de fonctionnement de liquéfaction du gaz ainsi que l'identification des risques majeurs inhérents à ses installations.

Le deuxième chapitre expose les concepts fondamentaux régissant les atmosphères explosives (ATEX), les mécanismes d'explosion, ainsi que le cadre réglementaire et normatif imposé pour le marquage du matériel.

Le troisième chapitre est dédié à la définition de l'ensemble des modes de protection des équipements ATEX (électriques et non électriques), en expliquant comment effectuer l'inspection et la maintenance pour chaque mode de protection spécifique.

Enfin, le quatrième chapitre constitue le volet pratique de notre recherche. À travers l'inspection d'un échantillon d'équipements ATEX de l'Unité 15, ce chapitre analyse leur état de conformité et démontre comment chacun d'eux contribue concrètement à la maîtrise des risques d'explosion. Cette analyse permet en fine de formuler des recommandations pour optimiser la prévention au sein du complexe. ».

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU COMPLEXE GL3/Z

I.1. Introduction

L'Algérie occupe une place prépondérante sur l'échiquier énergétique mondial, une position portée par son fleuron industriel : la **SONATRACH**. Société nationale intégrée, elle s'impose aujourd'hui comme la première entreprise du continent africain et se hisse au 12ème rang mondial des groupes pétroliers. Son expertise couvre l'ensemble de la chaîne de valeur des hydrocarbures, de la recherche à la commercialisation, faisant d'elle un acteur incontournable, notamment sur le marché du gaz où elle occupe la 4ème place mondiale pour l'exportation de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) et la 2ème pour le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL).

SONATRACH regroupe plusieurs activités, parmi ces activités **l'activité Liquéfaction et Séparation (LQS),** Elle est chargée de liquéfier le gaz naturel et de séparer les produits dérivés, tels que le GNL, l'éthane, le propane, le butane et la gazoline. C'est un secteur qui comprit six complexes : GL1Z, GL2Z, GL3Z, GL1K, GP1Z, GP2Z.

C'est dans ce contexte d'excellence opérationnelle que s'inscrit **Le complexe GL3Z** est un site industriel majeur en Algérie, un rôle essentiel dans le secteur de la production du gaz naturel liquéfié. Ce complexe contribue significativement à l'économie nationale, du gaz liquéfié, et à la création d'emplois dans la région.

Ce chapitre se propose donc de détailler les structures et le fonctionnement de cet organisme, afin de mieux comprendre l'environnement technique et humain dans lequel s'est déroulé notre travail de recherche.

I.2. Historique du complexe GL3/Z

Le complexe GL3/Z est le plus récent complexe de liquéfaction de gaz naturel. L'engineering a été assuré par la société italo-japonaise d'engineering **« joint, SAIPEM-CHIYODA »** qui a été chargé des études de la construction et du démarrage des différentes installations.

Le projet **GL3/Z** fait partie d'une série de projets de gaz intégrés de plus grande envergure, créés par **SONATRACH** en Algérie, impliquant le développement des réserves de champs de gaz dans le Bassin de Berkine (Algérie centre-orientale), la construction d'un système de gazoduc et d'une nouvelle unité d'usine GPL dans la zone industrielle portuaire El-Djedid à Arzew. **[1]**

Tableau I. 1 : L'historique du complexe GL3/Z **[1]**

Société de Construction	Snamprogetti, Saipem (Italie) et Chyoda (Japan)
Date de Construction	Octobre 2009
Date admission GN	Mars 2013
Début de production GPL	Juin 2014
Début de production GNL	Juillet 2014
1 ère chargement GNL	Aout 20214
Réception Provisoire du complexe	09/05/2015
Réception Définitive du complexe	25/02/2018

I.3. Situation Géographique Du Complexe GL3/Z

Le complexe de liquéfaction du gaz naturel **GL3/Z** situe sur le long de la côte méditerranéenne à Bethioua à l'est d'Arzew wilaya d'Oran, dans la zone du port industriel d'Arzew el Djedid, ce complexe s'étend sur une superficie de 54.6 hectares

- A l'est du site se trouve l'usine GPL (GP1/Z).
- A l'ouest, l'installation de dessalement KAHRAMA et l'usine GL2/Z.
- La mère méditerranée borde le site au nord
- Au sud se trouve la route principale de la zone. **[1]**

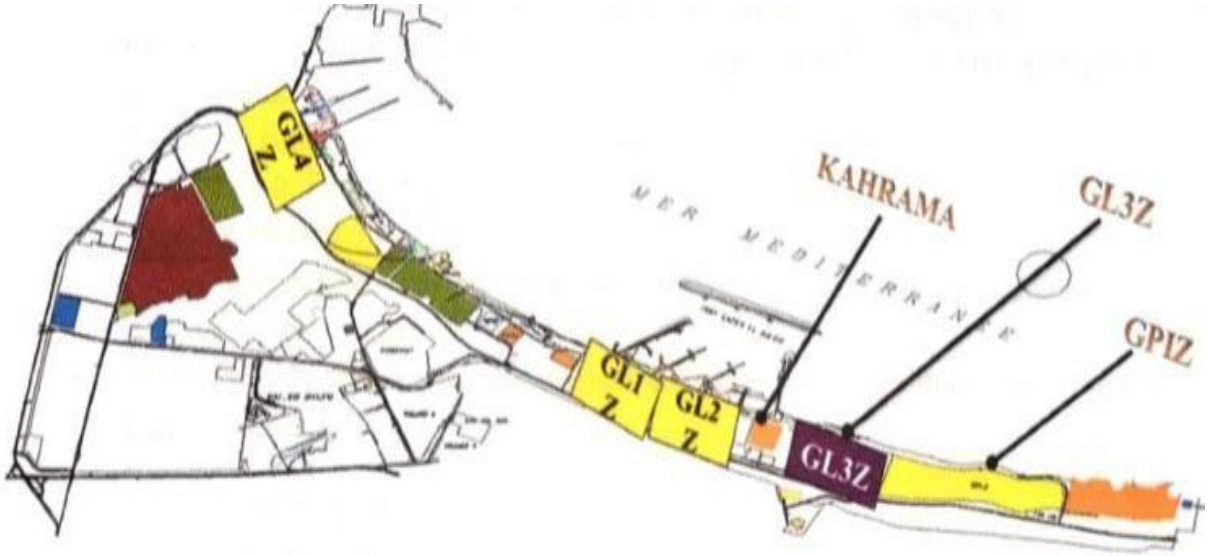


Figure I.1: Emplacement de l'usine GL3/Z **[1]**

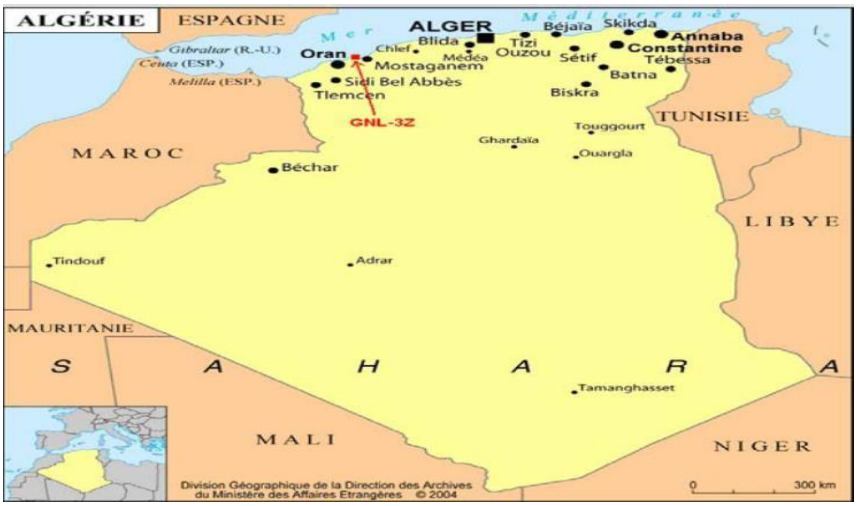


Figure I.2: Emplacement de l'usine GL3/Z dans l'Algérie **[1]**

I.4. Description de l'usine

I.4.1. Présentation générale de l'usine

Le complexe **GL3/Z** est le plus récent complexe de liquéfaction de gaz naturel qui se compose d'un train de GNL. Des dispositions pour l'installation d'un second train et toutes les infrastructures nécessaires, comme les utilités, le stockage et le chargement sur les cargo sont également été prévus. La capacité productive annuelle du train de GNL est de 4, 7 millions de tonnes (nettes dans les cargos de GNL), qui sera la même que celle du futur deuxième train de GNL. **L'Usine GL3/Z** produit du GNL, mais aussi de l'Ethane, du Propane, du Butane, de la Gazoline et un courant d'Hélium brut. La Gaz Naturel Liquéfié produit dans l'Usine de GNL est exporté vers les marchés internationaux, tandis que les composants plus lourds, comme le GPL et la gazoline, dont la valeur ajoutée est plus élevée, sont extraits et exportés séparément. **[1]**



Figure I. 3 : Vue général du train GL3/Z

I.4.2. Objectif du complexe GL3/Z

Le complexe GL3/Z a pour objectif de traiter le gaz naturel transporté par gazoduc en provenance des puits et le liquéfier à -162°C et réduire son volume 600 fois avec production du l'éthane propane, butane, hélium et de la gazoline, ce gaz est ensuite transporté dans les méthaniers à destination de l'étranger. **[1]**

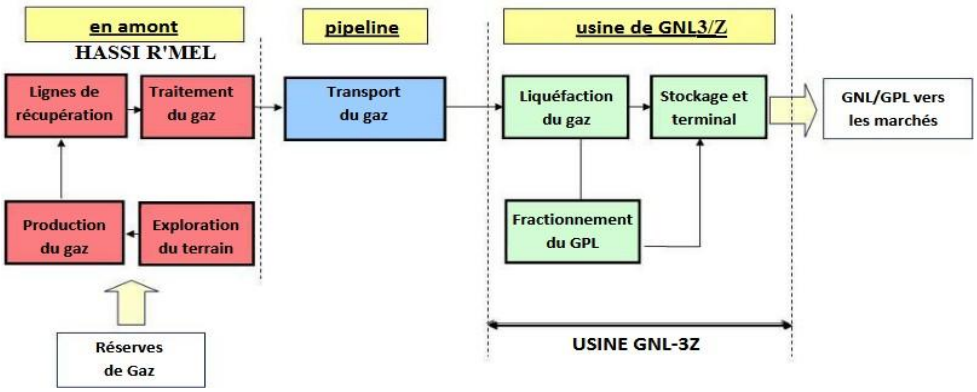


Figure I 4: Chaîne d'approvisionnement en gaz du projet GL3/Z **[1]**

I.4.3. Les principales caractéristiques du complexe GL3/Z

Les différentes caractéristiques du complexe **GL3/Z** sont citées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.2: Les principales caractéristiques du complexe GL3/Z **[1]**

Provenance du GN	Plusieurs puits du Sud
Nombre de train	01 méga-train
Fonctionnement de l'usine	330 jours/an (90.4%)
Autonomie des utilités	Puissance électrique générée (4 GTG ,42.1 MW chacun)
Technologie de liquéfaction	Air-Product and Chemicals Incorporation APCI (C3_MR)

I.4.4. La capacité de production du complexe GL3/Z

La capacité de production du **complexe GL3/Z** est présentée ci-dessous :

Tableau I. 3: Capacité de production du complexe GL3/Z **[1]**

Produit	Capacité de production
GNL	(4.7M Tonne/an)
Ethane	300 000Tonne/an
Propane	275 000Tonne/an
Butane	58 000 Tonne/an
Gazoline	47 000 Tonne/an
Hélium	350000 Nm^3/jour

- L'usine est conçue pour fonctionner avec différents compositions du gaz d'alimentation, trois cas ont été pris en compte pendant la phase de conception :

- **Cas de Base** : Le gaz a une masse moléculaire intermédiaire, l'usine produit 4.7MMTPA de GNL.
- **Cas Riche** : Le gaz a une masse moléculaire élevée, utilisé pour dimensionner le fractionnement et les unités de récupération du GPL, l'usine produit 4MMTPA de GNL.
- **Cas pauvre** : Le gaz a une masse moléculaire basse, utilisé pour dimensionner les parties associées à l'end-flash, l'usine produit 4MMTPA de GNL. **[1]**

- L'usine est conçue pour fonctionner avec différents modes d'exploitation, trois cas ont été pris en compte pendant la phase de conception :

- **Cas A :** Production GNL avec extraction d'éthane, de propane et de butane.
- **Cas B :** Production GNL avec extraction puis réinjection d'éthane, de propane et de butane.
- **Cas C :** Production GNL avec extraction puis réinjection d'éthane et avec extraction de propane et de butane. **[1]**

I.4.5. Capacité de stockage

La capacité de stockage du **complexe GL3/Z** est présentée ci-dessous :

Tableau I. 4 : Capacité de stockage du complexe GL3/Z **[1]**

Produit		Capacité de stockage
GNL		*2 réservoirs*160 000 m^3*
GPL	Propane	56 000 m^3
	Butane	12 000 m^3
Ethane		600 m^3
Gazoline		1800 m^3
Propane réfrigérant		3000 m^3

I.5. Disposition de l'usine

Les installations de l'usine **GL3/Z** comprennent le train de procédé, toutes les utilités, le stockage des produits finis, les installations off-site liées, une jetée de GNL avec une plateforme de chargement de GNL extensible, un brise-lame, la protection du bord de mer existant, tous les bâtiments et les infrastructures nécessaires. Les installations d'entrée de l'usine se trouvent dans le côté sud-ouest de la zone d'implantation. C'est là que le gaz d'alimentation entre dans l'usine **GL3/Z**.Le côté ouest comprend la zone de génération d'énergie et les turbines à gaz. La partie sud de l'usine est constituée des unités des utilités et de leurs dispositifs de stockage. La section nord longe la mer et contient les installations pour le stockage des Produits et des réfrigérants, la zone de la torche et la jetée. Le train de procédé est situé au milieu de la zone d'implantation. Il est subdivisé en deux parties : la partie est comprend les unités de prétraitement et de liquéfaction, alors que la partie ouest comprend les équipements de fractionnement et de récupération du GNL. **[1]**

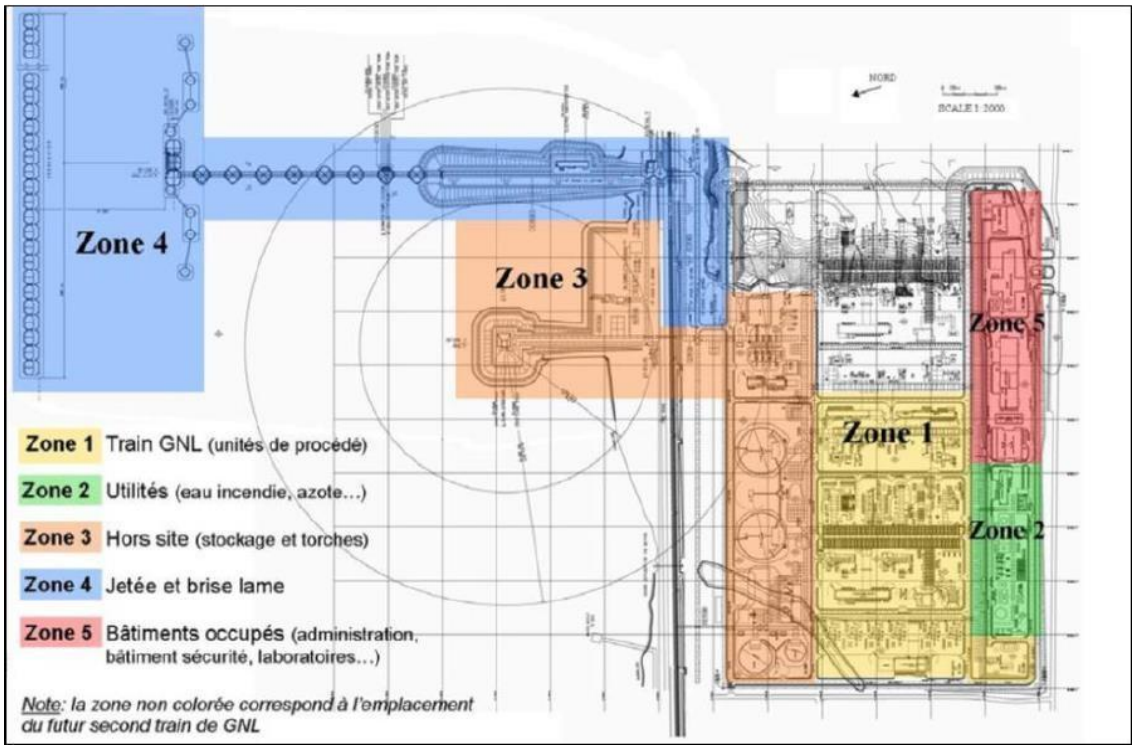


Figure I.5 : Plan de zonage du complexe GL3/Z **[1]**

I.6. Principe de fonctionnement du méga train

En premier lieu ,le gaz d'alimentation entrant dans l'usine est fourni à **l'unité 01** directement pour le filtrer et le mesurer puis il est acheminé vers la section de traitement, pour comprimé puis traité afin d'éliminer le mercure**(Unité 11)**, les gaz acides**(Unité 12)** et l'eau**(Unité 13).** Le gaz envoyez vers **l'unité 17** il se comprimé, refroidi et acheminé vers le déméthaniseur pour séparer le méthane des hydrocarbures plus lourds. Le courant liquide est fractionné dans une série de plusieurs colonnes, le dééthaniseur extrait l'éthane en tête, le dépropaniseur extrait le propane en tête (utilisé comme réfrigérant ou stocké), et le débutaniseur extrait l'éthane le butane en tête (vers le stockage) et de la gazoline en fond (vers le stockage).

Le courant de vapeur de tête du déméthaniseur obtenu est composé principalement de méthane envoyer vers **l'unité 16** refroidi d'abord par propane réfrigéré, puis par le réfrigérant mixte, jusqu'à atteindre l'état liquide **(GNL)** à la sortie de l'unité de liquéfaction **(Unité15)**. Le GNL produit par le train de procédé est acheminé vers deux réservoirs de stockage de GNL, puis exporté sur cargo au moyen d'un système de chargement dédié.

L'usine génère l'électricité autonome par 4 quatre générateurs turbines à gaz (GTG), en cas de déclenchement 4 générateurs diesel de secours peuvent être utilisés comme source de génération d'énergie de réserve.

Le Train de Procédé est ainsi chauffé par l'huile chaude provenant de **l'unité 18.**
Le refroidissement de certaines installations assurées par le système de refroidissement (**Unité 19)**.
L'usine est alimentée par deux systèmes de gaz combustible un système de gaz combustible **(Unité 14)** et un système de gaz combustible commun **(Unité 55)**.
L'usine utilise aussi l'air service/instrument **(unité 56)**, l'azote (**Unité57), l'eau** potable **(Unité 58)**, l'eau de service **(Unité59)**, le diésel **(Unité53**), le traitement des eaux usées (**Unité 64)**, système de torche **(Unité 75)**
La protection contre les incendies est fournie par **l'unité 63** (eau douce) comme système principal et **l'unité 77** comme système de réserve (eau de mer). **[1]**

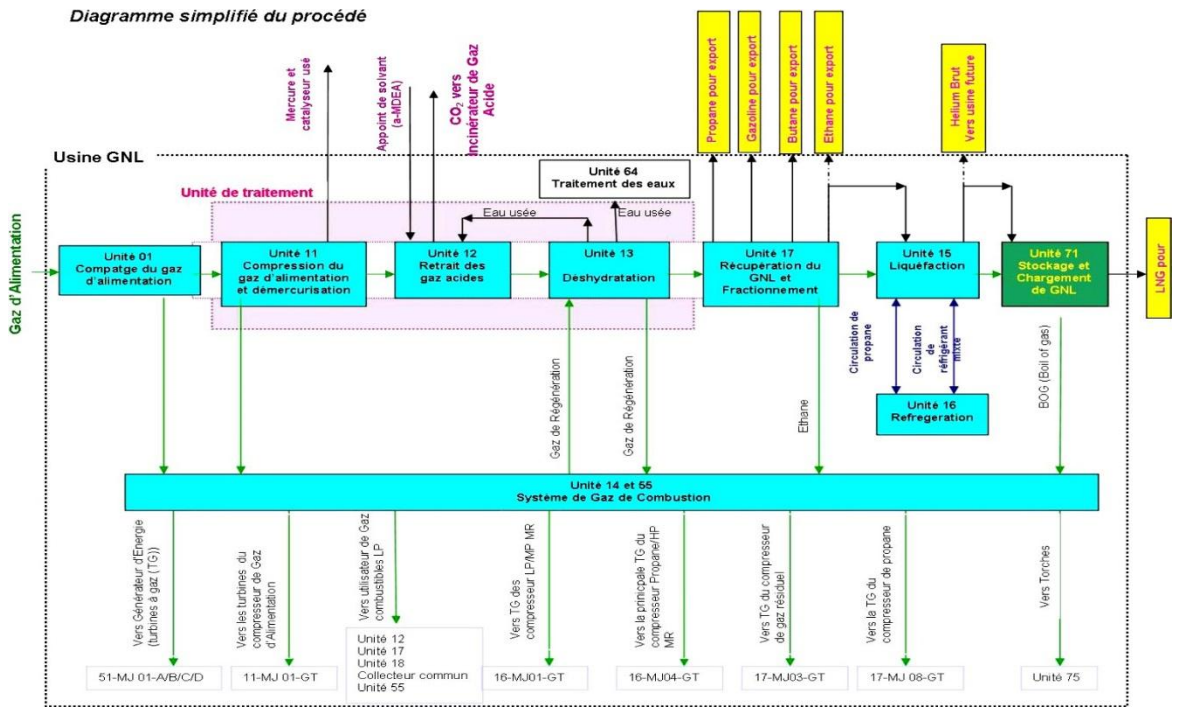


Figure I.6 : Schéma fonctionnel global du procédé de liquéfaction **[1]**

I.7. Description des unités

Le train **GL3/Z** est ensemble des unités et des installations pour assurer la liquéfaction du gaz naturel**,** il comprend :

- ✓ Une zone utilités
- ✓ Une zone procédée (fabrication)
- ✓ Une zone stockage et chargement



Figure I.7:Maquette 3D de la vue d'ensemble de l'usine **[1]**

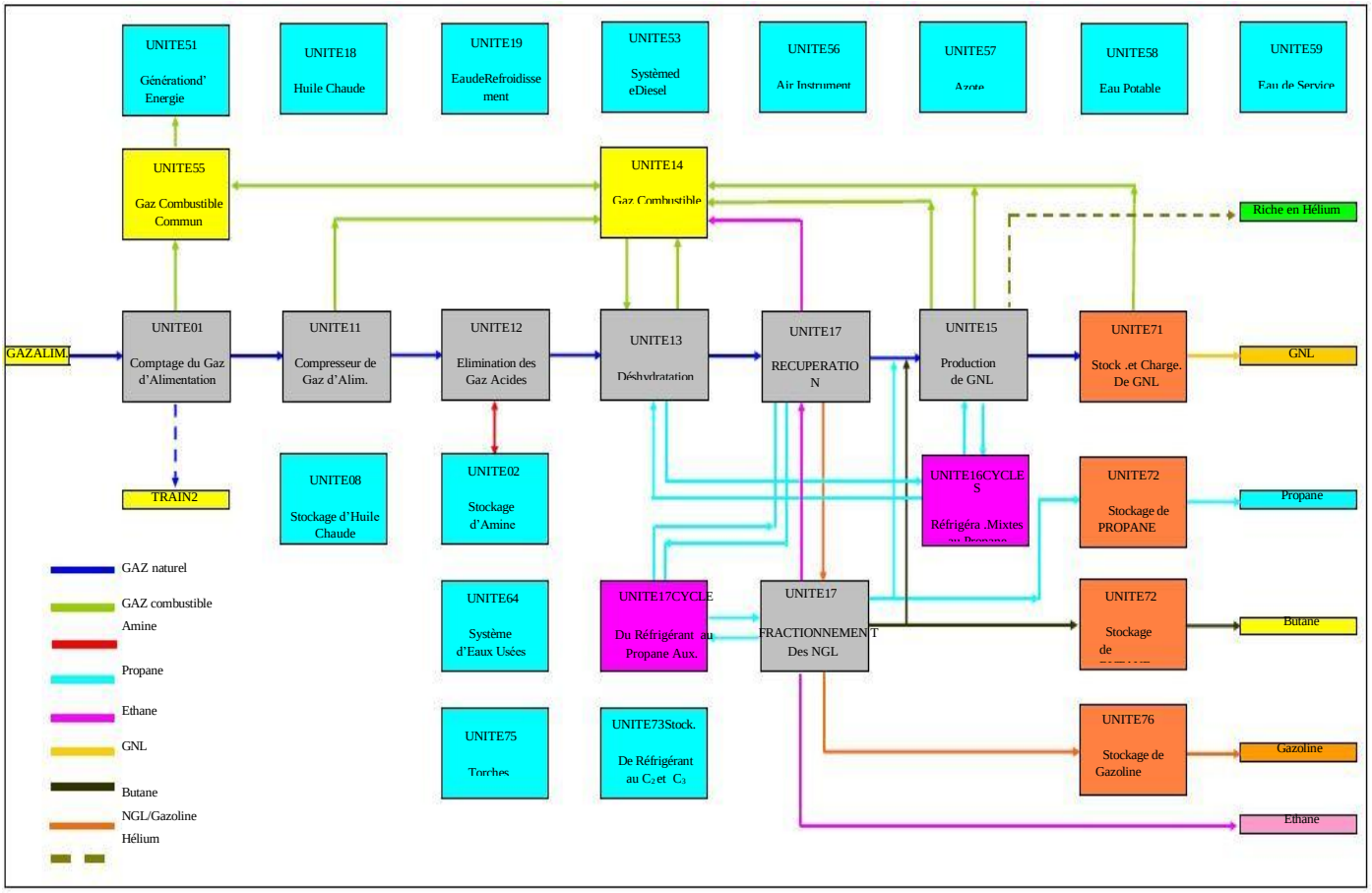


Figure I. 8:Schéma des unités du méga train GL3/Z **[1]**

I.7.1. Zone des utilités

Le rôle des utilités est de fournir les éléments nécessaires au fonctionnement du train de procédé de GNL et de gérer les réseaux communs qui le composent. Ces unités produisent et distribuent l'énergie électrique, l'eau service, l'eau potable et l'air instrument, azote, huile chaude. **[1]**



Figure I.9 : Schéma des unités des utilités du train GL3/Z **[1]**

Tableau I. 5 : Description des unités des utilités **[1]**

Unité	Description
Unité 01 « Installations d'entrée »	Elle est conçue pour recevoir, filtrer, et mesurer le gaz d'alimentation et assure l'appoint de secours en gaz combustible pour l'usine.
Unité 02 «Stockage de l'Amine»	Elle est conçue pour le chargement, le stockage et l'appoint du solvant Amine Méthyle Diéthylamide Activé (aMDEA) vers l'unité d'élimination des gaz Acides **(Unité 12)**.
Unité 08 «Stockage d'huile chaude»	Elle est conçue pour fournit l'huile nécessaire au remplissage initial et à appoint du système l'huile chaude **(Unité 18)**.
Unité 51«Système de Génération d'Energie à Turbine à Gaz »	Elle est conçue pour fournit l'électricité nécessaire au train GNL ainsi qu'aux utilités et aux unités off-site qui lui sont associées par quatre Générateurs d'Energie Electrique de la Turbine à Gaz (GTG)
Unité 53 «Le système de Générateur Diesel de Secours»	Elle est conçue pour stocker et distribuer le diesel aux utilisateurs de l'usine. Elle dispose aussi de 04 générateurs de secours pour produire le courant de secours lors des phases de démarrage et lors de certains cas de déclenchement de l'usine.
Unité 55«Système Commun de Gaz Combustible »	Elle est conçue pour alimenter le Système des Générateurs d'Energie et des Turbines à Gaz **(Unité 51)** en Haute Pression HP (25.5 bar) ainsi que les utilisateurs de gaz combustible BP communs en Basse Pression (5.5 bar).
Unité 56« Système d'Air Instrument et Service »	Elle comprend l'air instrument qui doit être sec et exempt d'huile et de poussière, et l'air de service.

Unité 57 « Système d'Azote»	Elle est conçue pour fournir de l'azote gazeux à l'usine de GNL notamment pour la mise sous pression de certains équipements ou lors d'opération de purge. L'azote est également utilisé comme gaz d'étouffement en cas de feu survenant dans le four d'huile chaude.
Unité 58 « Circuit d'Eau Potable »	Elle est conçue pour recevoir, stocker et distribuer l'eau douce utilisée comme eau potable, et il peut également être acheminé vers l'unité d'eau déminéralisée**(Unité59).**
Unité 59« Système d'Eau Déminéralisée et de Service »	Elle est conçue pour recevoir, stocker et distribuer l'eau de service et l'eau déminéralisée.
Unité 64« Traitement des Eaux Usées et des Effluents »	Elle est conçue pour gérer l'eau usée provenant du train GNL, l'eau traitée est refoulée vers un conduit de refoulement commun, puis vers la mer.

I.7.2. Zone de procédée (Fabrication)

Cette zone comprend le traitement, fractionnement, et liquéfaction

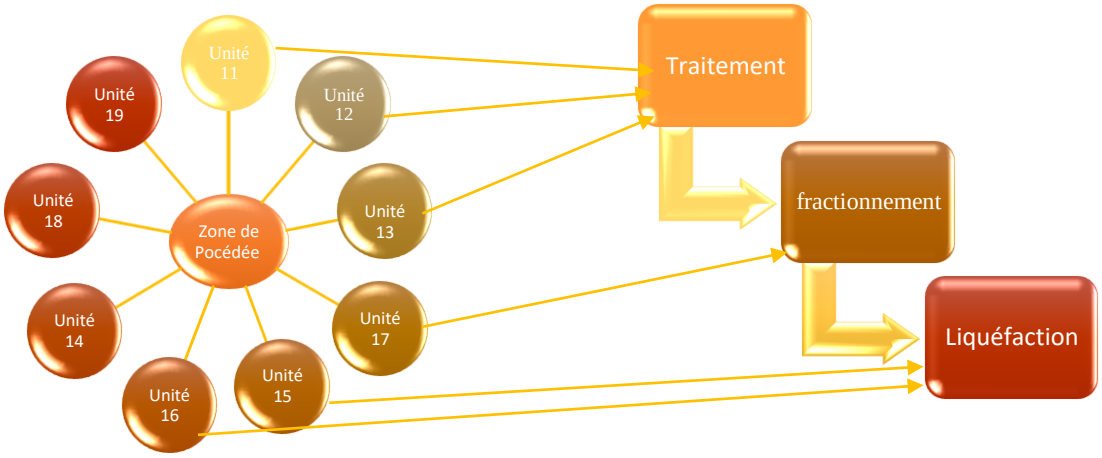


Figure I.10:Schéma des unités de zone de procédé du train GL3/Z **[1]**

Tableau I.6 : Description des unités de zone de procédé **[1]**

	Unité	Description
	Unité 14 « Système du Gaz Combustible »	Cette unité est conçue pour alimenter et distribuer le gaz combustible haute pression HP à 25.5 bar aux utilisateurs HP et le gaz combustible Base Pression BP à 5.5 bar aux utilisateurs BP.
	Unité 18« Système d'huile chaude »	La fonction du ce système est de fournir la chaleur (le niveau à «haute» température fonctionne à 260°C, et le niveau à «basse» fonctionne à 160°C).
	Unité 19« Le Système d'Eau de Refroidissement»	Est un réseau de refroidissement destiné au refroidissement certaines installations auxiliaires.
Processus de traitement	**Unité 11« Elimination de mercure »**	Cette unité est conçue pour l'objectif de contrôler la pression à l'entrée du train de procédé, augmenter la pression du gaz naturel à l'aide d'une station de compression, et réduire la teneur en mercure du gaz d'alimentation à l'aide d'un lit d'adsorption afin de ne pas endommager les équipements en aluminium en aval.
	Unité 12« Elimination des gaz acides »	Cette unité est principalement constituée d'une section d'absorption où le CO2 est extrait du gaz d'alimentation par solvant aMADEA pour éviter la congélation du gaz pour éviter le bouchage et d'une section de régénération où le CO2 est extrait de l'amine par désorption.
	Unité 13 « Déshydratation du Gaz»	L'objectif de cette unité est de réduire la teneur en eau du gaz d'alimentation décarbonaté pour éviter la congélation du gaz pour éviter le bouchage .La déshydratation est obtenue au moyen de trois Sécheurs à Tamis Moléculaires installés.
Processus de fractionnement	**Unité 17 « Fractionnement»**	L'objectif de cette unité est de récupérer le gaz naturel et séparer les gaz les plus lourds. Le déméthaniseur permet de séparer le gaz résiduel (méthane envoyé vers la liquéfaction et

		les lourds collectés en fond, entament ensuite un cycle de fractionnement en cascade où chaque colonne isole un composant spécifique : le dééthaniseur extrait l'éthane en tête, le dépropaniseur sépare le propane, et le débutaniseur finalise l'opération en produisant du butane en tête et de la gazoline en fond.
Processus de liquéfaction	**Unité 16 « Réfrigération»**	Le réfrigérant nécessaire à refroidir et liquéfier le gaz naturel est par deux circuits: le circuit de réfrigération au Propane Principal (PR) (permet un refroidissement de gaz naturel et du système de MR principale en utilisant du propane) et le circuit de Réfrigérant Mixte (MR) (Le Réfrigérant Mixte (MR) est un mélange d'Azote, de Méthane, Ethane et de Propane permet un refroidissement du gaz naturel).
	Unité 15 « Liquéfaction»	L'objectif de cette unité est de produire du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) jusqu'à -162°C par l'échangeur cryogénique principal MCHE (Main Cryogenic Heat Exchanger). Et produire un courant d'hélium brut et d'azote. Les unités de liquéfaction et de réfrigération sont basées sur la Licence d'Air Products and Chemicals Incorporation(APCI), le procédé Propane-Réfrigérant Mixte qui utilise un seul MCHE.

I.7.3. zone du stockage et expédition

Cette zone s'occupe de stocker les produits : GNL, GPL, Ethane et Gazoline pour l'expédition.

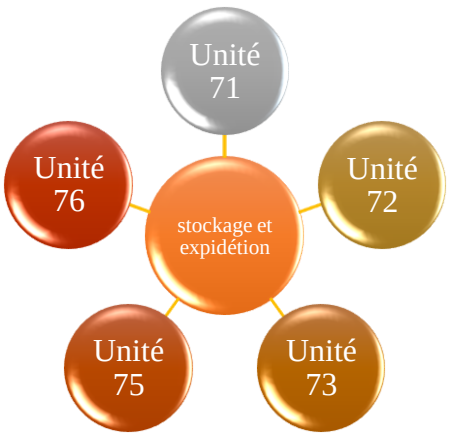


Figure I. 11:Schéma des unités de zone du stockage du train GL3/Z **[1]**

Tableau I.7 : Description des unités de zone du stockage et expédition **[1]**

Unité	Description
Unité 71« Système de Stockage et de Chargement du GNL»	Ce système est conçu pour le stockage du produit GNL et comprend des dispositifs d'exportation permettant une production continue du train de GNL et un chargement intermittent sur les cargos. Cette unité comprenne aussi dispositif de récupération des BOG (Boil Off Gas) du GNL.
Unité 72 « Système de Stockage et de Chargement du GPL »	Cette unité compose d'une installation de Stockage et de Chargement de GPL permet de stocker et d'exporter les produits GPL et une section de réfrigération de GPL qu'elle conçue pour récupérer les gaz évaporés (BOG) du Propane par compression, et de refroidir les produits Propane et Butane provenant du train. Ces produits refroidis sont envoyés aux réservoirs de stockage.
Unité 73 « Le Système de Stockage de Réfrigérant »	Cette unité comprend les installations de stockage, de transfert et de déchargement pour les réfrigérants Ethane et Propane.
Unité 75« Système de la Torche»	C'est un système de sécurité qui permet d'éliminer de manière sûre et fiable les vapeurs des hydrocarbures et les rejets liquides produits suite à des défaillances lors de situations d'urgence et de dysfonctionnement.
Unité 76 « Le système de stockage de la gazoline »	Est conçu pour le stockage de la gazoline C_{5+}.

I.7.4. Système Anti-incendie

Ce système est composé de l'unité 63 et de l'unité 77. Son objectif est de maîtriser et de lutter contre l'incendie à la fois, survenant dans l'usine.

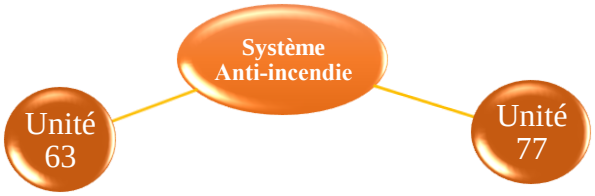


Figure I.12:Schéma des unités de système anti-incendie du train GL3/Z **[1]**

Tableau I.8 : Description des unités de Système Anti-incendie **[1]**

Unité	Description
Unité 63 « Système anti incendie »	C'est le système principal conçu dans le but de maîtriser et prévenir la propagation d'un incendie, qu'il utilise l'eau douce comme moyen de lutte anti-incendie.
Unité 77 « Système anti incendie »	C'est le système de réserve conçu dans le but de maîtriser et prévenir la propagation d'un incendie, qu'il utilise l'eau de mer comme moyen de lutte anti-incendie. Il se déclenche en cas que l'unité 63 n'a pas pouvoir de gérer l'urgence.

I.8. Organigramme générale du complexe GL3/Z

Le Complexe GL3/Z dispose d'une structure organisée pour une gestion optimale. Elle comprend une Direction Générale, trois directions et des départements de contrôle, comme détaillé dans l'organigramme ci-dessous

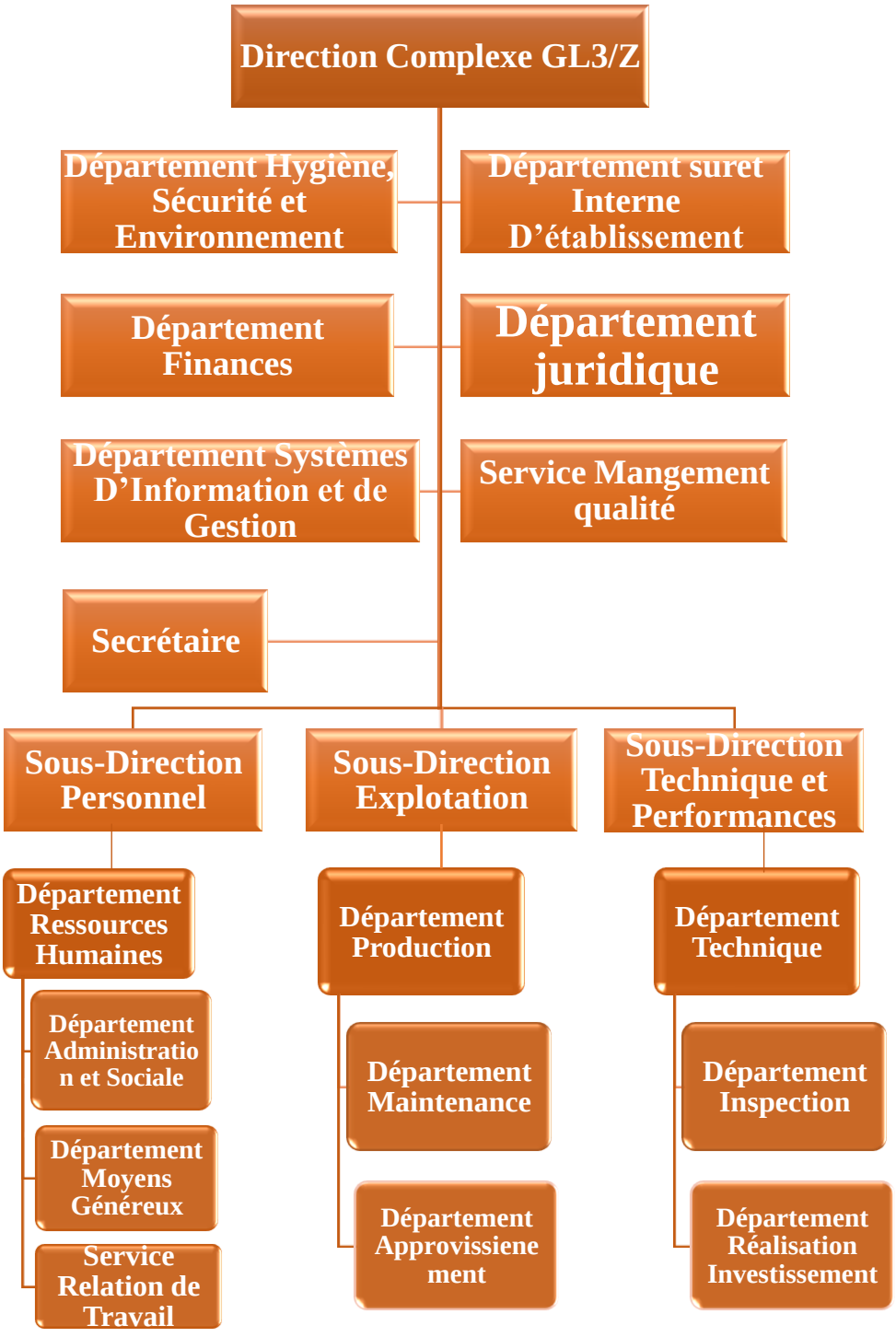


Figure I.13 : Organigramme de Complexe GL3/Z **[1]**

I.9. Département HSE (hygiène, sécurité, et environnement)

L'entreprise de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) comme **le complexe GL3/Z** est un environnement où le risque peut porter aussi bien sur le personnel et les équipements du complexe vue la nature hautement dangereuse des opérations de liquéfaction du gaz naturel pour cela le département HSE joue un rôle vital , ce dernier a pour prévenir les incidents et les accidents, intervenir en cas d'accident, assurer le respecter des normes de sécurité et protéger l'environnement

Le département de sécurité est lié directement à la direction, et compte trois services (prévention, intervention et environnement).

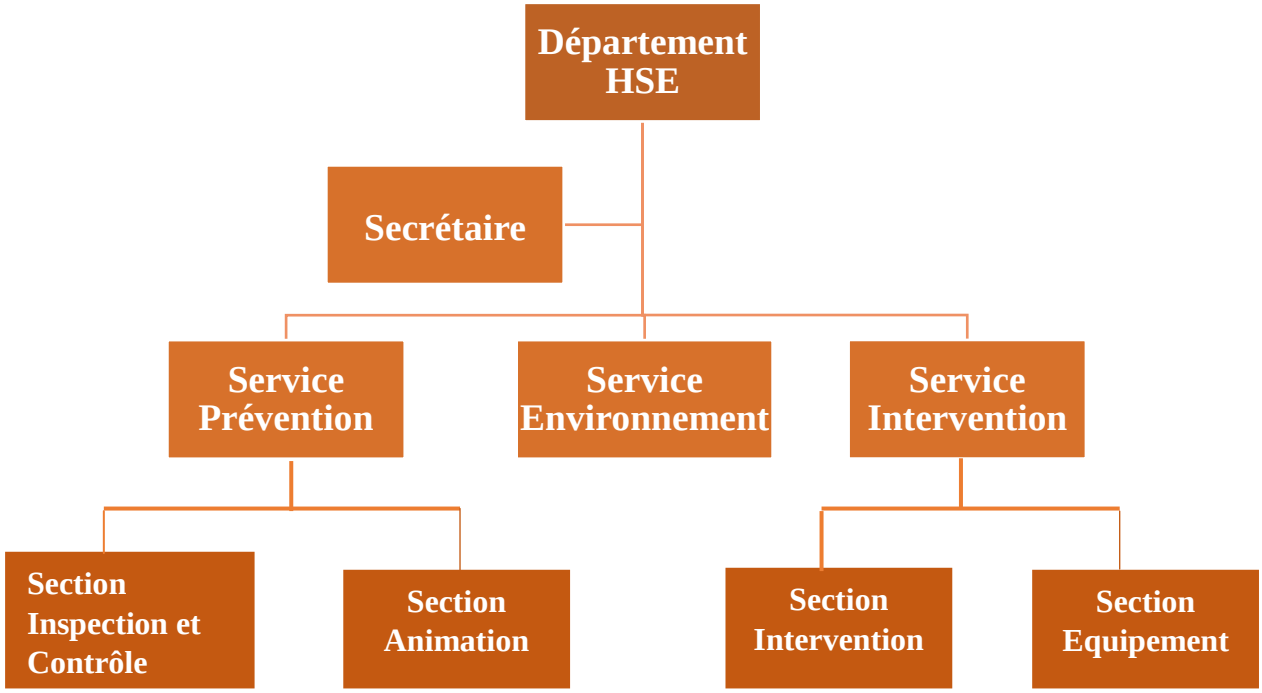


Figure I.14 : Organigramme du département HSE GL3/Z **[1]**

I.9.1. Service Prévention

Le service prévention est constitué des ingénieurs et des inspecteurs qui ont chargé de veiller à mettre au point tout un ensemble de procédures afin de sensibiliser, d'informer les employés, suivi des plans d'hygiène et de sécurité élaborée ainsi que leur respect et application dans l'objectif cultiver une culture HSE. Ils peuvent par moment être formateurs, analystes des risques, ils proposent des mesures d'améliorations en se référant aux normes et directives, doit être formé aux techniques modernes d'analyse, de communication, de management, de gestion et d'organisation.

Ce service compte des ingénieurs de sécurité et de deux sections (Section inspection et contrôle, Section animation**). [2]**

I.9.1.1. Section inspection et contrôle

Le rôle de section inspection et contrôle est :

- Assurer la surveillance des installations et veiller à l'hygiène de la zone.
- Faire des rondes d'inspections des installations quotidiennement.
- Participer à l'évaluation des risques liés aux travaux.
- Délivrer des autorisations pour les travaux (Signer les permis de travail selon le référentiel permis de travail) et assurer leur suivi et contrôle.
- S'assurer du strict respect des consignes et procédures de sécurité.
- Etablir les rapports journaliers des travaux.
- Etablir les rapports d'inspections préventives.
- Participer à l'analyse et à l'investigation des accidents ou incidents et en exploiter les résultats.
- Participer à la préconisation des moyens de lutte et de prévention pour les nouvelles installations.
- Participer à la mise en œuvre le système de management de la qualité et HSE ainsi que son amélioration continue. **[2]**

I.9.1.2. Section animation

Le rôle de section animation est :

- Sensibiliser le personnel sur les consignes HSE.
- Réalise l'induction et la sensibilisation des nouvelles recrues, stagiaires, visiteurs et sous-traitants.
- Participer à la formation du personnel de l'unité en matière de HSE.
- Participer à la préparation des programmes et supports de formation en matière de HSE.
- Participer à l'évaluation des risques liés aux travaux hors zone exploitation.
- Délivrer des autorisations pour les travaux (Signer les permis de travail selon le référentiel permis de travail) et assurer leur suivi dans la zone hors exploitation.
- S'assuer du respect des mesures préventives durant le déroulement des travaux hors exploitation.
- Réaliser les inspections hors zone exploitation.
- participer à l'analyse et à l'investigation des accidents ou incidents et en exploiter résultats.
- Etablir les rapports d'inspections dans la zone hors exploitation
- Etablir les rapports journaliers des travaux.

- Élaborer et diffuser les supports visuels (affiches, flashs sécurité, vidéos, dépliants).
- Concevoir et lancer des campagnes de sensibilisation sur des risques précis.
- Participer à la mise en œuvre le système de management de la qualité et HSE ainsi que son amélioration continue. **[2]**

I.9.2. Service Intervention

Le Service intervention assure la gestion opérationnelle des situations d'urgence**,** la maîtrise des risques incendie ou explosion et la réponse rapide aux incidents, et aussi il garantit la disponibilité des moyens d'intervention, la protection des personnes et des installations.

Ce service compte des ingénieurs de sécurités et de deux sections (section équipement, section intervention). **[2]**

I.9.2.1. Section Equipement

Le rôle de section équipement est :

- Vérifier l'état des équipements de sécurité et les moyens de lutte anti incendie, conformément aux procédures et au plan de charge assigné.
- Participer à l'élaboration des gammes de contrôles et d'inspection, procédures d'utilisation et d'entretien des équipements de sécurité et moyens de lutte anti incendie.
- Procéder à un premier diagnostic des anomalies constatées sur les équipements de sécurité et les moyens de lutte anti incendie.
- Réaliser les réparations relevant de son niveau de compétence.
- Suivre l'exécution des travaux de maintenance et d'inspection sur les équipements et les moyens de lutte anti incendie avec les structures concernées.
- Réceptionner et tester l'équipement réparé.
- Participer à la réception et à la mise en service des nouveaux équipements de sécurité.
- Participer à la mise en œuvre le système de management de la qualité et HSE ainsi que son amélioration continue. **[2]**

I.9.2.2. Section Intervention

La section intervention est composée de quatre(04) quarts (A/B/C/D) et son rôle est :

- Intervenir en cas d'accident conformément à la procédure d'intervention.
- Exploiter les équipements de sécurité et les moyens de lutte anti-incendie conformément aux procédures et aux manuels opératoires.
- Effectuer des rondes régulières au niveau des installations et renseigner toutes anomalies constatées sur le support conformément à la procédure de ronde.

- Assurer les premiers soins et secours et évacuer les blessés conformément à la procédure d'évacuation.
- Etre en permanence à l'écoute des communications radios et téléphone et répondre aux appels d'urgence.
- Tester et contrôler les équipements de sécurité et moyens de lutte anti-incendie conformément au planning arrêté et signaler toute anomalie constatée.
- Vérifier la situation des systèmes de sécurité, l'historique des alarmes et des actions réalisées au niveau de la console sécurité à chaque prise de quart.
- Surveiller les travaux conformément à la procédure de surveillance des travaux.
- Planifier et préparer les exercices de simulations.
- Préparer les plans d'attaque pour les scénarios potentiellement dangereux.
- Assister les autres sites conformément au Protocole d'Assistance Mutuelle PAM.
- Participer avec la structure exploitation à l'exécution de l'ensemble des opérations relatives aux démarrages et/ou arrêts des équipements stratégiques à risques potentiels.
- Participer à la mise en œuvre le Système de Management de la Qualité et HSE ainsi que son amélioration continue. **[2]**

I.9.3. Service Environnement

Le service environnement est composé des ingénieurs et techniciens environnement et le rôle de ce service est :

- Veiller au respect de la réglementation, normes, référentiels, procédures et consignes en matière d'environnement.
- Planifier et lancer toutes les actions d'analyse des différents milieux et rejets.
- Assurer une surveillance constante des milieux naturels, suivi de tous les rejets et nuisances et dégradations du milieu naturel.
- Mettre en place des outils d'évaluation de la performance environnementale.
- Elaborer les procédures et consignes en matière d'environnement et veiller à leurs diffusions.
- Veiller à la réalisation d'investigation sur tout accident/incident environnemental.
- Organiser des campagnes de sensibilisation pour la protection de l'environnement.
- Veiller à la mise en œuvre du plan de gestion environnementale (PGE).
- Veiller à la réalisation des inspections et des audits environnementaux.
- Participer à la mise en œuvre le Système de Management de la Qualité et HSE ainsi que son amélioration continue. **[2]**

I.10. Les risques majeurs liés au GNL au niveau du complexe GL3/Z

- Risque d'incendie ou explosion (Lors d'une fuite du gaz étant un produit très inflammable, Il se mélanger à l'aire et former un mélange air–gaz capable de s'enflammer ou s'exploser au contact d'une source d'ignition).
- Risque de Formation d'atmosphères explosibles « ATEX » (En cas de fuite, le gaz se mélange à l'air et peut atteindre une concentration explosive. Dans ces zones, une petite étincelle peut déclencher une explosion).
- Risques Cryogéniques(Le GNL est très froid. Il peut provoquer des brûlures graves et fragiliser les métaux, ce qui augmente le risque de fuites ou de ruptures).
- Risque de phénomène de surpression (Une augmentation anormale de pression dans les tuyauteries, réservoirs ou compresseurs peut provoquer une rupture mécanique et libérer du gaz brusquement).
- Risques d'Asphyxie(Le gaz naturel est un gaz asphyxiant car il chasse l'oxygène dans les espaces confinés en cas de fuite de gaz).
- Risques environnementaux (Le méthane CH_4 est un gaz à effet de serre. Les émissions de ce gaz contribuent à la pollution atmosphérique). **[1]**

I.11. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a permis d'établir une compréhension globale du complexe GL3/Z à travers la présentation de son historique, de son implantation stratégique , et de ses principales caractéristiques , son principe général de fonctionnement du train ainsi que la description des différentes unités de zone et définir le rôle de chaque zone et leur disposition , l'identification de sa structure organisationnelle, y compris le département HSE qui souligne l'importance accordée à la maîtrise des risques et à la conformité réglementaire dans un environnement à haut enjeu énergétique. Ce chapitre comprend également l'identification des risques liés au GNL. Dont la gestion impose une vigilance particulière au sein des zones classées ATEX (Atmosphères Explosives), sujet qui constituera le cœur technique de notre réflexion dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II : NOTION FONDAMENTALES ET CADRE REGLEMENTAIRE ATEX

II.1. Introduction

L'industrie du gaz, pilier stratégique de notre économie énergétique, repose sur la manipulation de substances dont la puissance n'a d'égale que leur dangerosité. Dans ce secteur, le risque d'explosion représente un risque majeur qui provoque des pertes matérielles et humaines.

Ce chapitre se propose d'exposer les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension des atmosphères explosives (ATEX). Notamment les mécanismes qui régissent la formation des mélanges explosifs. Ensuite, nous mentionnerons les propriétés caractéristiques des substances inflammables.

Enfin, ce chapitre présentera les exigences techniques et réglementaires qui encadrent la sécurité en zone ATEX, notamment à travers le classement des zones à risque, le marquage spécifique des équipements et les modes de protection normalisés.

II.2. Description d'une ATEX

Le terme **ATEX** (Atmosphères Explosive) désigne toute atmosphère dans laquelle un **mélange de substances inflammables** sous forme de **gaz, vapeurs, brouillards ou poussières**, combiné à l'**air,** peut **s'enflammer ou exploser** lorsqu'il est exposé à une **source d'inflammation. [3]**



Figure II. 1 : Panneau Atmosphère Explosive **[3]**

II.3. Description d'une explosion

Est une libération soudaine et rapide d'énergie qui produit des pressions potentiellement destructives (dommageables). Lorsqu'un combustible gazeux remplit un espace, il doit se mélanger à une certaine concentration air-combustible pour créer une atmosphère explosive.

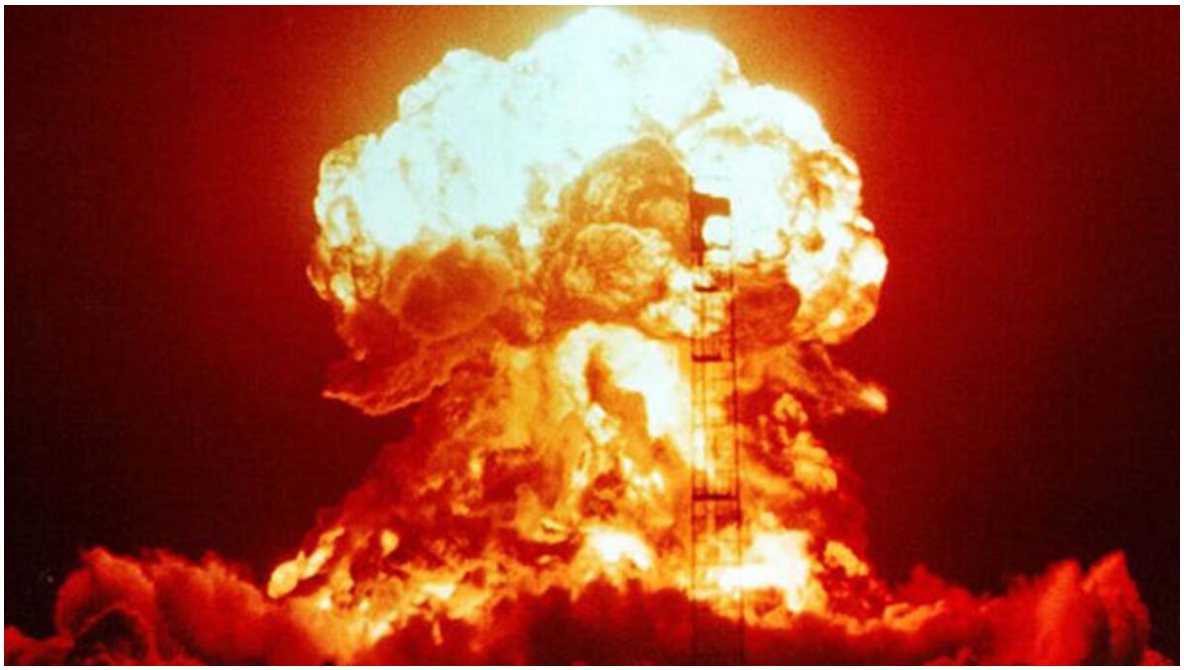


Figure II. 2 : explosion **[3]**

II.4. Les trois facteurs essentiels de l'explosion

Une explosion ne peut se produire que si ces trois facteurs sont réunis en même temps**.**

II.4.1. Le combustible : est une substance inflammable capable de brûler ou d'exploser lorsqu'elle est mélangée à l'air.

Il peut se présenter sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières (ex. : méthane, solvants, farine).

II.4.2. Le comburant : est la substance qui permet la combustion.

Dans la majorité des cas, il s'agit de l'oxygène contenu dans l'air, indispensable à la réaction chimique de l'explosion.

II.4.3. La source d'inflammation : est toute énergie suffisante pour déclencher la combustion ou l'explosion du mélange air-combustible.

Les sources d'inflammation sont très diverses dans une entreprise :

II.4.3. 1. Energétiques :

- Thermiques (surfaces chaudes, appareils de chauffage, flammes nues, travaux par point chaud),

- Electriques (étincelles, échauffements dus à la vétusté, la non-conformité des installations ou les surcharges électriques),
- Electrostatiques (les étincelles peuvent intervenir comme énergie d'activation),
- Mécaniques (étincelles, échauffements….),
- Chimiques (réactions exothermiques, emballement de réaction…),

II.4.3. 2. Humaines :

- Cigarettes (l'extrémité d'une cigarette allumée atteint plus de 700 °C),
- Négligence,
- Malveillance…

II.4.3. 3. Naturelles :

- Bactériologiques (la fermentation bactérienne peut échauffer le milieu),
- Climatiques (foudre, soleil…). **[3]**

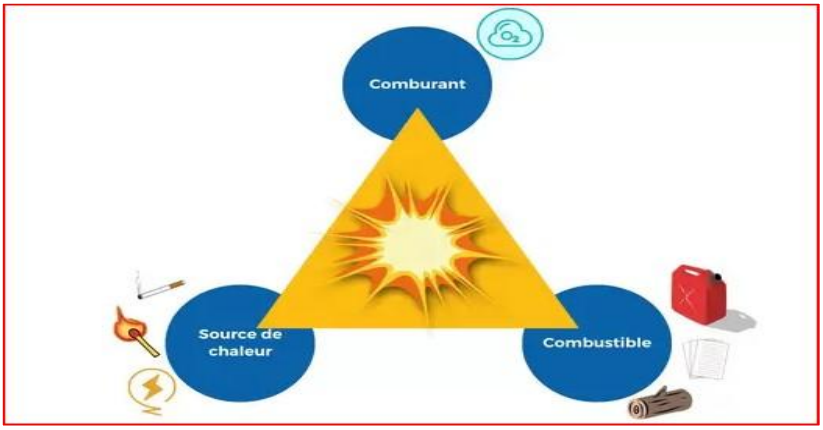


Figure II. 3: Triangle de feu **[3]**

II.5. Domaine d'explosivité

II.5.1. Pour gaz, vapeur :

Limite Inférieure d'Explosivité **LIE** : concentration minimale d'un gaz ou d'un vapeur combustible dans l'air pour former un mélange capable d'exploser en présence d'une source d'inflammation.

Limite Supérieure d'Explosion **LSE**: concentration maximale d'un gaz ou d'un vapeur combustible dans l'air pour former un mélange capable d'exploser en présence d'une source d'inflammation. **[5]**

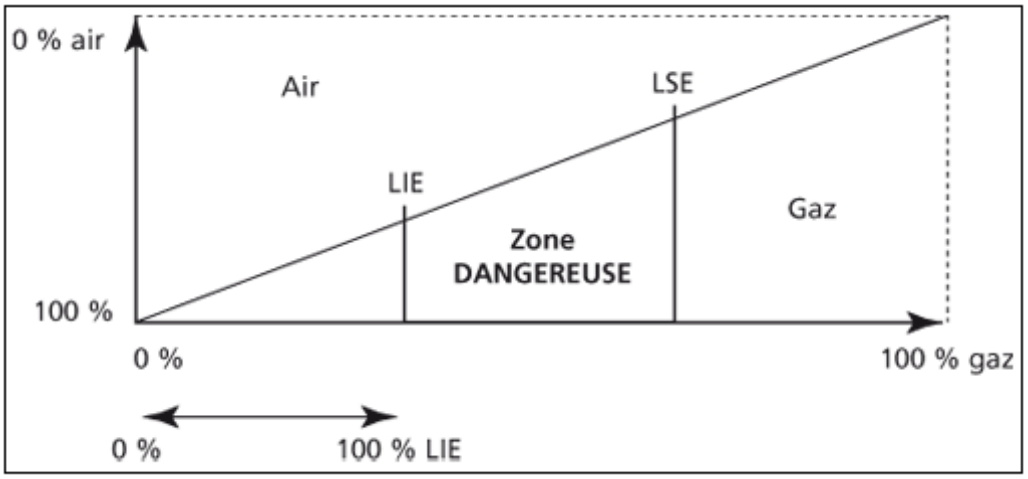


Figure Ⅱ. 4: Domaine d'explosivité (gaz, vapeur) **[5]**

Tableau II. 1 : LIE et LSE pour certaines substances **[4]**

Gaz/ vapeurs	LIE	LES
Méthane CH4	5%	15%
Propane C3H8	2.1%	9.3%
Butane C4H10	1.9%	8.4%
Pentane C5H12	1.5%	7.8%
Vapeurs essence	1.6%	7.6%
Monoxyde de carbone CO	12.5%	74.2%

II.5.2. Pour poussière :

La Concentration Minimale d'Explosivité **CME :** est la plus faible concentration de poussières combustibles en suspension dans l'air susceptible de provoquer une explosion en présence d'une source d'inflammation. **[5]**

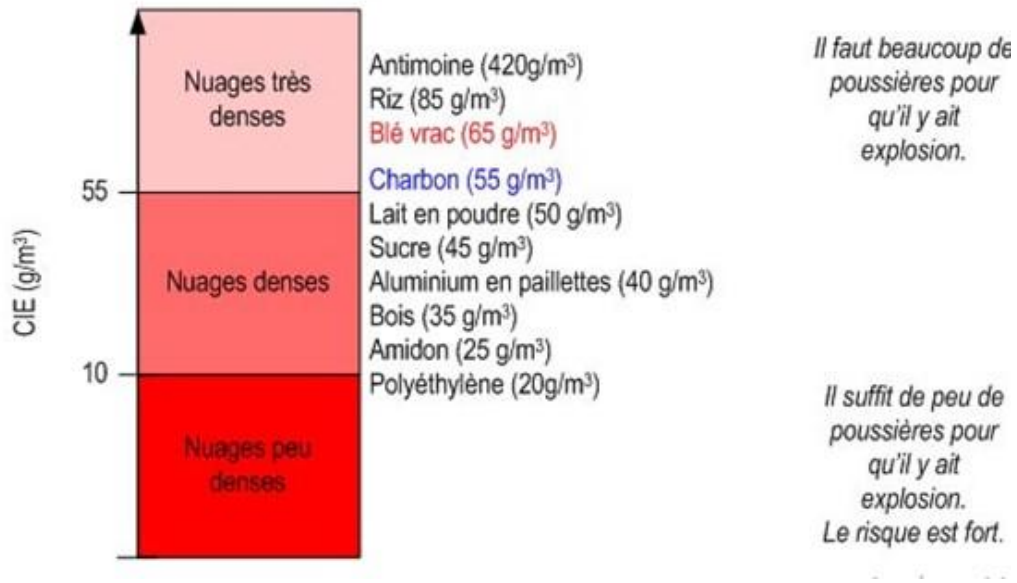


Figure II. 5: Domaine d'explosivité (poussière) **[4]**

II.6. Deux éléments supplémentaires sont nécessaires pour produire une explosion

II.6.1. Mise en suspension : Les particules doivent être maintenues en suspension un temps suffisant pour que l'explosion puisse se développer.

II.6.2. Le confinement : confinement d'un nuage de poussière dans un espace fermé permet l'accumulation rapide de pression et augmente la violence de l'explosion. **[5]**

II.7. Les substances inflammables les plus dangereuses

La dangerosité d'un mélange avec l'air dépend de sa concentration en substance inflammable mais également des caractéristiques propres à cette substance. Il est donc nécessaire de classer ces différents combustibles suivant leur niveau de dangerosité

Deux classements différents :

1. Groupes de gaz
2. Classes de température.



Figure II. 6: Panneau danger Matières inflammables **[6]**

❖ **II.7.1. 1er Classement :** Groupes de gaz

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

IEMS : L'Interstice Expérimental Maximal de Sécurité

C'est l'épaisseur maximale entre deux parties métalliques d'un appareil d'essai qui, lorsque le mélange interne est enflammé empêche l'inflammation du même mélange gazeux externe à travers un épaulement de 25 mm de longueur.

EMI : Énergie Minimale d'Inflammation

Energie minimale qui doit être fournie au mélange, sous forme d'une flamme ou d'une étincelle, pour provoquer l'inflammation.

A partir de ces 2 critères caractéristiques de chaque substance, 4 groupes de gaz ont été établis sur la base de 5 gaz représentatifs (ce sont ceux utilisés pour les essais). **[6]**

Tableau II. 2 : EMI, IEMS des principaux gaz **[6]**

		EMI (µJ)	**IEMS** (mm)
Group I Mines	Méthane	300	1.14
Group II industries de surface	Propane	240	0.92
	Ethylène	70	0.65
	Acétylène	17	0.37
	Hydrogène	17	0.29

❖ **II.7.2. 2éme classement :** Classe de température

Les diverses substances peuvent s'enflammer à des températures différentes. Plus la température d'inflammation est faible, plus la substance est dangereuse. **[6]**

Tableau II. 3 : Températures d'inflammation de différents produits combustibles **[6]**

produit	**Température d'inflammation (°C)**
Sulfure de carbone	120
Ether éthylique	170
Acétylène	305
Ethylène	425
Propane	470
Acétone	535
Hydrogène	560
Méthane	595
Oxyde carbone	605

II.8. Températures caractéristiques d'inflammation

II.8.1. Le point d'éclair ou point de flash : est la température minimale à la quelle un combustible liquide émet assez de vapeurs pour permettre une courte inflammation en présence d'une flamme .Les vapeurs s'enflamment et s'éteignent aussitôt.

II.8.2. Point d'inflammation : C'est la température à la quelle les vapeurs sont émises en quantité suffisante pour alimenter la combustion .Il ya non seulement allumage, mais continuation de la combustion .Le point d'inflammation se situe, de quelques degrés à quelques dizaines de degrés, au -dessus du point d'éclair.

II.8.3. Point d'auto-inflammation : est la température minimale à laquelle un combustible s'enflamme spontanément, sans flamme ni étincelle. **[4]**

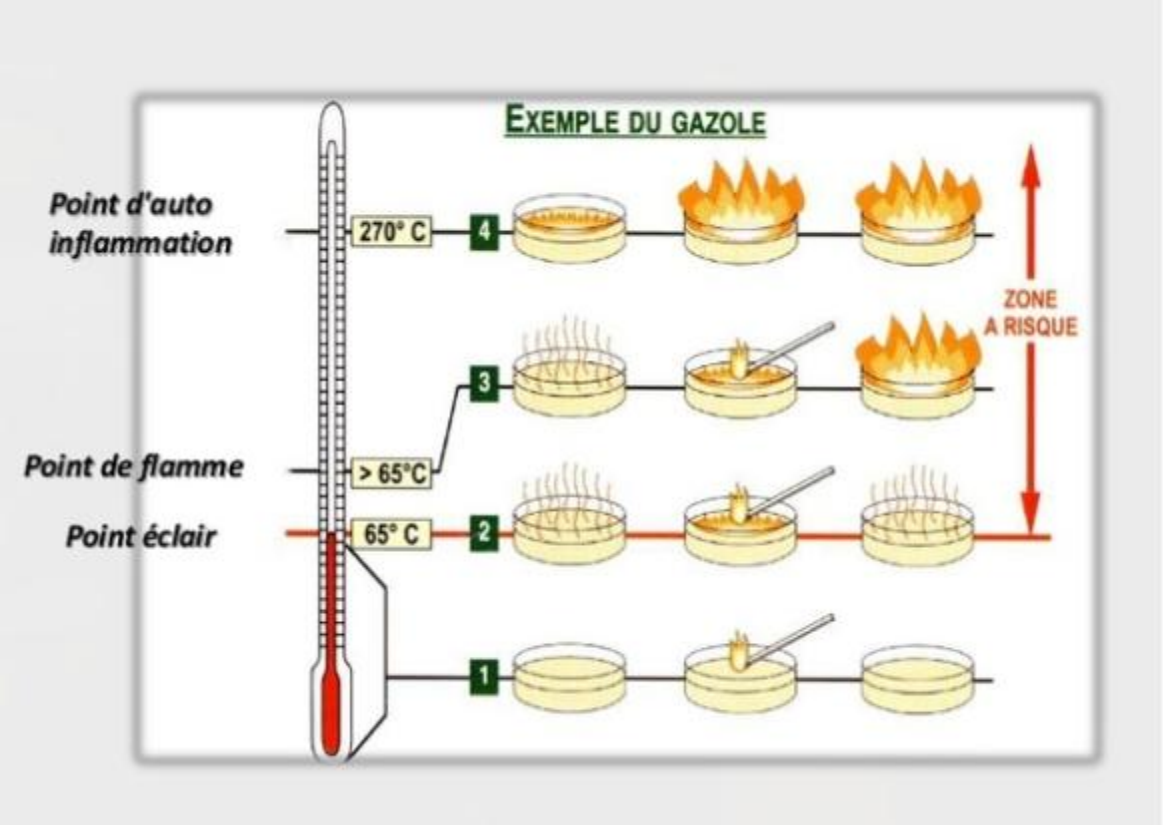


Figure II. 7 : Températures caractéristiques d'inflammation **[4]**

II.9. Les secteurs d'activité concernée par ATEX : Tous les secteurs d'activité mettant en œuvre des procédés à risque évident d'explosion.

- Production d'électricité (transport, broyage et séchage du charbon...).
- Transformation du bois (poussières de bois susceptibles de former des mélanges poussières/air explosifs dans les filtres ou les silos...).
- Industrie chimique (procédés de transformation et de traitement de substances gazeuses, liquides et solides combustibles....).
- Ateliers de peinture (over spray qui se forme dans les cabines de peinture lors du laquage de surfaces au pistolet et vapeurs de solvant libérées...).
- Décharges (fermentation, présence de liquides inflammables...).
- Agriculture (poussières de céréales, biogaz...).
- Entreprises d'épuration de l'eau (gaz de fermentation...).
- Industrie mécanique (poussières métalliques, utilisation de solvants...).
- Raffinerie (hydrocarbures inflammables...).

- Industrie alimentaire (transport et stockage de pulvérulents...).
- Industrie pharmaceutique (alcool,....).
- Production d'électricité (transport, broyage et séchage du charbon...). **[4]**

II.10. Classement des zones a risque d'explosion (exigence particulière de la directive **1999/92/CE)**

Les zones ATEX sont des espaces tridimensionnels délimités et classés en fonction de la fréquence et de la durée d'apparition d'une atmosphère explosive.

- **Zone 0**

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

- **Zone 1**

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

- **Zone 2**

  Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal mais qui, si elle se produit, ne persistera que pendant une courte période.

- **Zone 20**

  Emplacement où une atmosphère explosive, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles dans l'air, est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

- **Zone 21**

  Emplacement où une atmosphère explosive, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles dans l'air, est susceptible de se produire occasionnellement en fonctionnement normal.

- **Zone 22**

Emplacement dans lequel une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles dans l'air est peu susceptible de se produire en fonctionnement normal, mais qui, si elle se produit, ne persistera que pendant une courte période. **[7]**

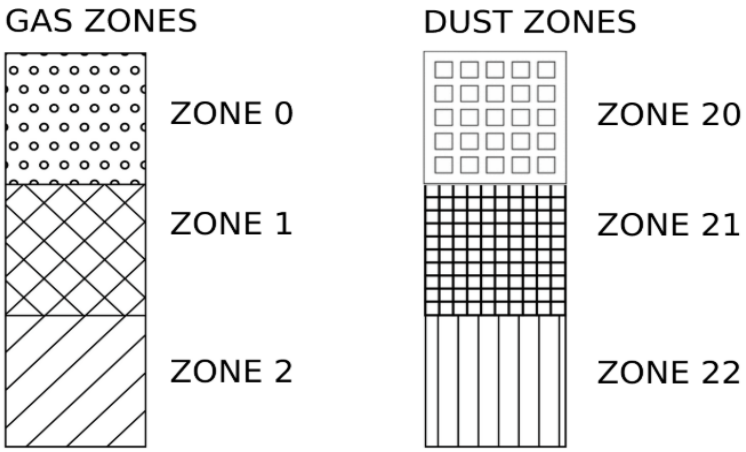


Figure II. 8: symboles du classement des zones **[3]**

II.11.Marquage des équipements ATEX

Identification et conformité des matériels en atmosphères explosives.

II.11.1. Conforme à la directive de l'Union Européenne

La mention **« Conforme à la directive de l'UE »** signifie que l'équipement respecte les exigences essentielles de santé et de sécurité définies par la **directive ATEX 2014/34/UE**. Cette conformité atteste que le matériel est conçu, fabriqué et testé de manière à ne pas constituer une source d'inflammation lorsqu'il est utilisé dans des **atmosphères explosives**, conformément aux conditions prévues. **[8]**



Figure II. 9: Conforme à la directive de l'Union Européenne **[8]**

II.11.2. Symbole de protection contre les explosions

Est représenté par le marquage **« Ex »**, inscrit dans un hexagone**.** Ce symbole indique que l'équipement est spécialement conçu et certifié pour être utilisé en atmosphères explosives (ATEX), conformément à la **directive ATEX 2014/34/UE** et aux **normes de la série CEI 60079**. **[8]**



Figure II. 10: Symbole de protection contre les explosions **[8]**

II.11.3. Catégories et groupes d'équipements ATEX et leurs environnements d'utilisation

La classification des équipements ATEX repose sur la distinction entre groupes d'équipements et catégories de protection, permettant d'adapter le matériel au niveau de risque présent dans l'environnement industriel. **[8]**

Tableau II. 4: Catégories et groupes d'équipements ATEX pour les gaz **[8]**

Group	**Catégorie**	**Niveau de protection**	**Environnement/zone d'utilisation**
Group I (mines)	**M1**	Très élevé (fonctionne même en cas de défaut)	Mines souterraines avec présence permanent de grisou
	M1	Elevé (mis hors tension en cas d'ATEX)	Mines souterraines avec présence occasionnelle de grisou
Group II (industries de surface)	**1G/D**	Très élevé	Zone 0/20
	2G/D	Elevé	Zone 1/21
	3G/D	normal	Zone 2/22

II.11.4. Modes de protection

Les modes de protection définis par la norme **CEI 60079** constituent des solutions techniques visant à empêcher qu'un équipement électrique et non électrique devienne une source d'inflammation en atmosphère explosive, chaque mode étant adapté à un niveau de risque spécifique. **[8]**

II.11.4.1 les équipements électriques

Tableau II. 5: Les modes de protection des équipements électriques **[8]**

Mode de protection	**Symbole**	**Principe**
Enveloppe antidéflagrante (gaz)	EX d	Contient l'explosion à l'intérieur du matériel
Sécurité augmentée (gaz)	EX e	Empêche les étincelles et échauffement
Enveloppe étanche (poussière)	EX t	Empêcher l'entrée de poussière et limiter la T° de surface
Sécurité intrinsèque (gaz / poussière)	EX i	Limite l'énergie électrique pour éviter l'inflammation
Pressurisation (gaz / poussière)	EX p	Maintient une pression interne empêchant le gaz d'entrer
Encapsulation (gaz / poussière)	EX m	Composants noyés dans une résine
Immersion dans l'huile (gaz / poussière)	EX o	Parties actives plongées dans l'huile
Remplissage poudreux (gaz / poussière)	EX q	Remplissage avec poudre pour éviter l'inflammation

II.11.4.2. Les équipements non électriques

Tableau II. 6: Les modes de protection des équipements non électriques **[8]**

Mode de protection	Symbole	Principe
Protection par construction	EX c	Réduction du risque d'inflammation par la **conception mécanique sûre**
Contrôle des sources d'inflammation	Ex b	Détection et contrôle actif des conditions dangereuses avec arrêt ou alarme automatique.
Immersion dans un liquide	Ex k	Les parties pouvant générer une source chaude ou des étincelles sont immergées dans un liquide protecteur

II.11.5. Groupe de gaz en atmosphère explosive

La classification des groupes de gaz en **ATEX** distingue les environnements miniers (Groupe I) et des installations industrielles de surface (Groupe II), ce dernier étant subdivisé en IIA, IIB et IIC selon la sévérité du risque d'inflammation. **[8]**

Tableau II. 7: Groupes et subdivisions des gaz **[8]**

Group	subdivision	Environnement d'utilisation	Substance concernés	Niveau de danger
Group I	_	Mines souterraines	Méthane (grisou)	Elevé (milieu mines)
Group II	IIA	Industrie de surface	Propane	Faible
	IIB	Industrie de surface	Ethylène	Moyen
	IIC	Industrie de surface	Hydrogène, acétylène	élevé
Farine, bois, sucre	IIIA	Industrie (fibres)	Coton, textile	Faible
	IIIB	Industrie (poussière non conductrice)		Moyen
	IIIC	Industrie (poussière conductrice)	Aluminium, charbon	élevé

II.11.6. Classes de température en atmosphères explosives

La classe de température définit la température maximale de surface admissible d'un équipement ATEX afin d'éviter toute inflammation d'un gaz ou d'une vapeur présente dans l'atmosphère explosive. **[8]**

Tableau II. 8: Classes de température **[8]**

Classe	**Température maximale de surface (°C)**
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

II.11.7. Niveau de protection d'équipements (EPL)

Niveau de protection d'équipements permet de classer les appareils selon leur degré de sécurité en atmosphère explosive. **[8]**

Tableau II. 9: Equipment Protection Level **[8]**

Type d'atmosphère	**zone ATEX correspondante**	**Niveau EPL**
Gaz (G)	Zone 0	Ga
	Zone 1	Gb
	Zone 2	Gc
Poussière (D)	Zone 20	Da
	Zone 21	Db
	Zone 22	Dc

II.11.8. Indice de Protection (IP)

L'indice de protection IP (Ingress Protection) indique le degré de protection d'un équipement contre la pénétration des corps solides et de l'eau.

Il est composé de deux chiffres **:**

IP XY

- **X** → protection contre les corps solides (poussières, objets)
- **Y** → protection contre l'eau **[8]**

Tableau II. 10: Niveau protection contre les corps solides **[8]**

Niveau	**Protection contre la pénétration de particules solides (Premier chiffre)**
0	Aucune protection
1	Protection contre les objets de plus de 50 mm (ex. : le dos de la main)
2	Protection contre les objets de plus de 12,5 mm (ex. : un doigt)
3	Protection contre les outils ou les fils de plus de 2,5 mm
4	Protection contre les objets de plus de 1 mm (ex. : petites vis)
5	L'entrée de poussière n'est pas totalement empêchée, mais elle ne doit pas pénétrer en quantité suffisante pour compromettre le bon fonctionnement de l'équipement.
6	Complètement étanche à la poussière (aucune poussière ne pénètre)

Tableau II. 11: Niveau protection contre l'infiltration de l'eau **[8]**

Niveau	**Protection contre l'infiltration de l'eau (Deuxième chiffre)**
0	Non protégé
1	Les gouttes d'eau tombant verticalement ne doivent avoir aucun effet nocif.
2	Les gouttes d'eau tombant verticalement ne doivent avoir aucun effet nocif lorsque l'enceinte est inclinée jusqu'à 15° par rapport à sa position normale.

3	Les jets d'eau tombant verticalement, quel que soit l'angle d'inclinaison jusqu'à 60° par rapport à la verticale, ne doivent avoir aucun effet nocif.
4	Les éclaboussures d'eau contre l'enceinte, quelle que soit leur direction, ne doivent avoir aucun effet nocif.
5	Les jets d'eau projetés par une buse (6,3 mm) contre l'enceinte, quelle que soit leur direction, ne doivent avoir aucun effet nocif.
6	Les jets d'eau puissants projetés par une buse (12,5 mm) contre l'enceinte, quelle que soit leur direction, ne doivent avoir aucun effet nocif.
7	L'infiltration d'eau en quantité nocive est impossible lorsque l'enceinte est immergée dans l'eau dans des conditions de pression et de durée définies (jusqu'à 1 mètre de profondeur).
8	L'équipement est adapté à une immersion continue dans l'eau, selon les conditions spécifiées par le fabricant.

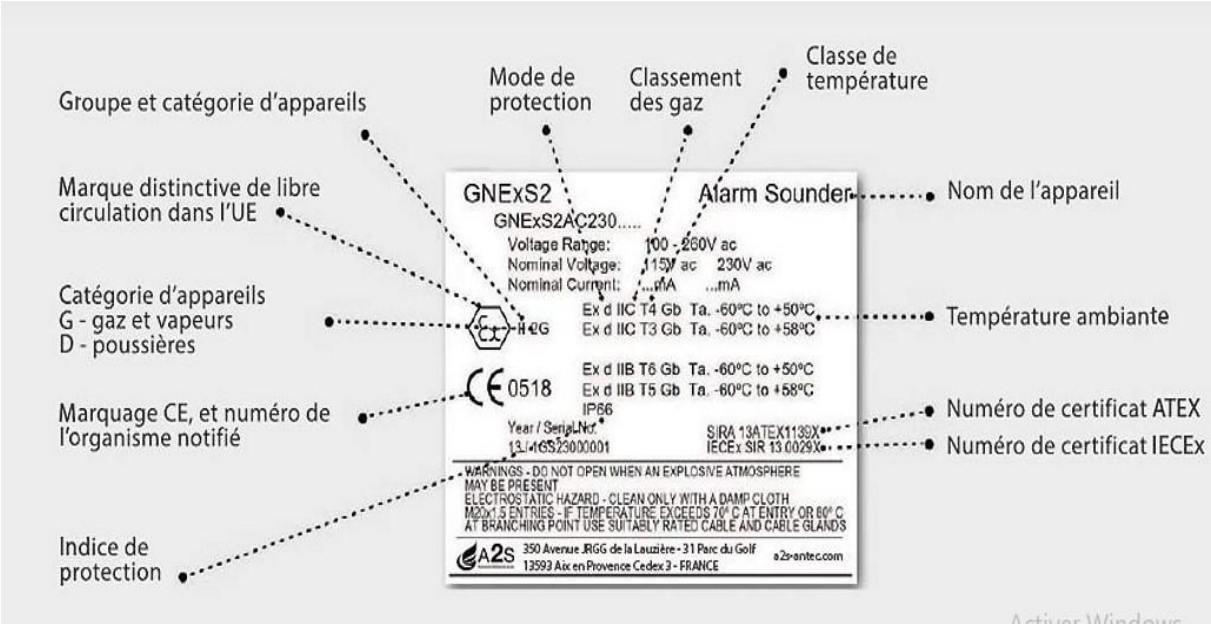


Figure II. 11: Marquage des équipements ATEX **[8]**

II.12. Cadre réglementaire ATEX

II.12.1. Directive ATEX 1999/92/CE (ATEX 137) : Protection des travailleurs et obligations de l'employeur.

La directive **ATEX 1999/92/CE**, également appelée **ATEX 137**, s'adresse principalement aux employeurs. Elle impose l'évaluation des risques d'explosion liés aux atmosphères explosives, la classification des zones dangereuses (zones **0, 1, 2** pour les gaz et **20, 21, 22** pour les poussières), ainsi que la mise en œuvre de mesures techniques et organisationnelles visant à assurer la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs. Cette directive exige également la formation du personnel, la signalisation des zones ATEX et l'élaboration d'un document relatif à la protection contre les explosions. **[9]**

II.12.2 Directive ATEX 2014/34/UE (anciennement 94/9/CE ou ATEX 95) : Exigences applicables aux équipements destinés aux zones ATEX.

Est une directive européenne relative aux **é**quipements et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosives. Elle est entrée en application en **avril 2016** et remplace officiellement **la directive 94/9/CE (ATEX 95)**.

Cette directive a pour objectif principal de garantir que les équipements utilisés en zones ATEX sont conçus et fabriqués de manière à ne pas constituer une source d'inflammation**,** assurant ainsi un niveau élevé de sécurité pour les installations industrielles. **[9]**

II.12.3. Décret Exécutif n°14-349 du 08 décembre 2014: Mise en conformité des installations et équipements des activités hydrocarbures.

Fixe les conditions de mise en conformité des installations et des équipements utilisés dans les activités liées aux hydrocarbures. Il vise à garantir un niveau élevé de sécurité industrielle, notamment face aux risques majeurs tels que les incendies et les explosions (ATEX). **[9]**

II.12.4. Norme CEI 60079 : Exigences générales pour les équipements électriques destinés aux atmosphères explosibles La norme CEI 60079.

(Commission Électrotechnique Internationale) définit les exigences techniques générales relatives à la conception, la construction, les essais et le marquage des équipements électriques et de leurs composants destinés à être utilisés en ATEX.

Cette norme vise à garantir que les équipements électriques ne constituent pas une source d'inflammation, en imposant des modes de protection adaptés, des essais de conformité rigoureux et un marquage normalisé permettant d'identifier clairement leur domaine d'utilisation en zones ATEX. **[9]**

II.12.5 Norme CEI 60079-17 : Inspection des équipements électriques en atmosphères explosibles.

La norme CEI 60079-17 fait partie de la série **CEI 60079** qui concerne les équipements électriques utilisés en atmosphères explosibles (ATEX)**.** Cette norme définit l**es** exigences relatives à l'inspection, à la maintenance et aux tests périodiques des équipements électriques pour garantir leur sécurité et leur conformité aux zones ATEX**. [9]**

II.13.Conclusion

Ce chapitre a introduit les concepts fondamentaux liés aux atmosphères explosives et aux conditions favorisant leur apparition. L'analyse des paramètres clés montre que les risques d'explosion varient selon la nature des substances et les conditions d'exploitation, ce qui nécessite une approche rigoureuse dans leur évaluation.

Par ailleurs, la classification des zones et le marquage des équipements constituent des éléments essentiels pour assurer un choix adapté du matériel et garantir la sécurité des installations.

Enfin, le cadre réglementaire joue un rôle fondamental en encadrant ces pratiques et en imposant des mesures de prévention efficaces. Ainsi, la maîtrise de ces notions est indispensable pour prévenir les risques ATEX et assurer la sécurité en milieu industriel.

CHAPITRE III : MODES DE PROTECTION DES EQUIPEMENTS ATEX (PRINCIPES, INSPECTION ET MAINTENANCE)

III.1. Introduction

Dans les environnements industriels exposés aux atmosphères explosives, la maîtrise des risques passe par l'utilisation d'équipements adaptés et conformes aux exigences ATEX. Afin de prévenir toute source d'inflammation, plusieurs modes de protection ont été développés pour les équipements électriques et non électriques.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les différents modes de protection ATEX, leurs principes de fonctionnement ainsi que leurs domaines d'application. Il met également l'accent sur les opérations de maintenance, de réparation et d'inspection, essentielles pour garantir le maintien du niveau de sécurité des équipements tout au long de leur durée de vie.

III.2. Les modes de protection pour des équipements électriques

III.2.1. Mode de protection antidéflagrante « Ex d »

Dans ce mode de protection, les pièces qui peuvent enflammer une atmosphère explosive sont enfermées dans une enveloppe qui résiste à la pression développée lors d'une explosion interne d'un mélange explosif et qui empêche la transmission de l'explosion à l'atmosphère environnante de l'enveloppe. Ce mode s'applique uniquement aux gaz.

- résiste à la pression d'explosion
- lamine la flamme. **[10]**

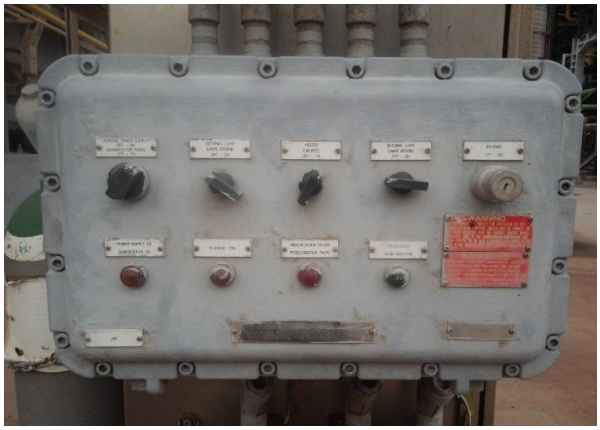


Figure III. 1 : Boite jonction (Ex d)

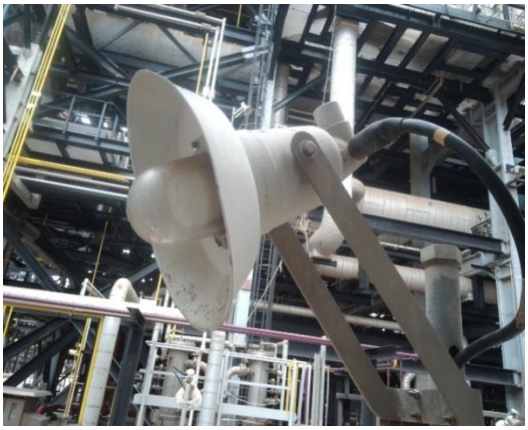
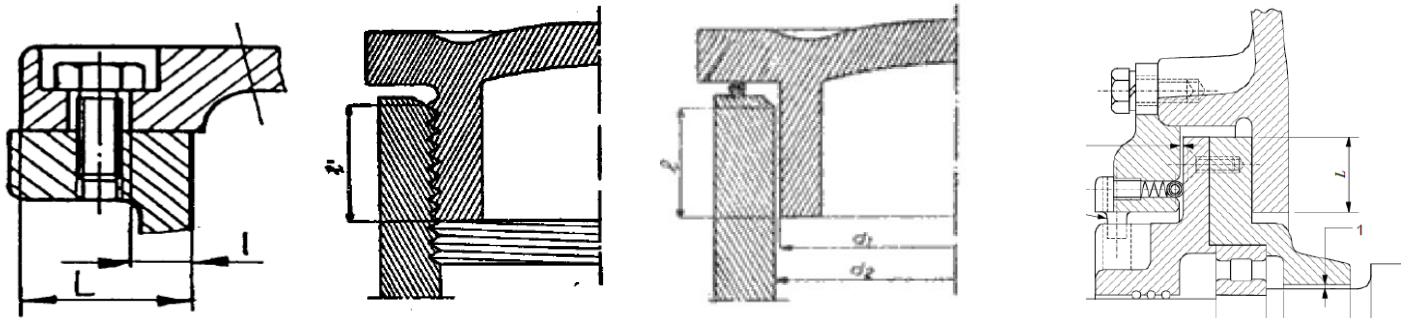


Figure III. 2: Projecteur d'éclairage (Ex d)

III.2.1.1. Les types de joints antidéflagrants



Joint plan joint filetés joint à emboitement cylindrique traversée d'arbre

Figure III. 3:Les types de joints antidéflagrants **[11]**

III.2.1.2. Inspection des équipements ATEX « EX d »

- Vérifier l'adéquation du marquage et l'état général.
- Vérifier l'absence de modification du matériel.
- Vérifier la boulonnerie de l'enveloppe (complets, identiques), Respect couples de serrage.
- Vérifier les presse-étoupes et les bouchons (marquage, serrage).
- Vérifier l'état des portées ADF (rayures, corrosion, jeux, porosité).
- Vérifier les mises à la terre. **[11]**

III.2.1.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX d »

La maintenance des équipements antidéflagrants (Ex d) doit être réalisée de manière régulière et rigoureuse, afin de garantir le confinement de toute explosion interne et de préserver le niveau de sécurité exigé en atmosphère explosive.

Si la maintenance d'un matériel «d» nécessite une réparation, celle-ci devra être réalisée suivant le référentiel SAQR-ATEX.

Figure III. 4: SAQR-ATEX

Les conditions d'obtention du Certificat "Saqr-ATEX" sont les suivantes :

- Formation des personnes devant intervenir sur les matériels ATEX à réparer.
- Audit de l'entreprise par l'Ineris quant à ses capacités de réparation et de traçabilité.
- Évaluation théorique et pratique des personnes intervenant sur les matériels ATEX, leur permettant d'obtenir un "Certificat de compétences" si le niveau est atteint. **[12]**

III.2.1.4. Modification

Modification d'une enveloppe antidéflagrante « d » interdit, sauf :

- Si réalisé par le fabricant.
- Si la notice d'instruction le permet, par un service compétent (SAQR-ATEX).

La modification des éléments électrotechniques internes du matériel n'est pas admise sans une réévaluation du matériel.

Des situations fortuites peuvent conduire à des phénomènes de pré-compression, des changements de classe de température ou autres, Ces modifications peuvent invalider le certificat.

L'ajout de trous ou l'altération de la forme du filetage est uniquement admis s'il est conforme aux documents de certification et réalisé par le constructeur ou des ateliers certifiés SAQR-ATEX. **[11]**

III.2.1.5. Installations

Les ouvertures non utilisées doivent être bouchées par dispositif d'obturation antidéflagrant.

- Peuvent être évalués et certifiés comme des produits.
- Doivent correspondre au type de filetage sur l'enveloppe.
- Peuvent être utilisés avec un joint d'étanchéité (notice d'instruction).
- Doivent être serrés au couple.

Câble conforme à la norme IEC 60079-14 à gaine métallique à isolation minérale avec ou sans revêtement externe en matière plastique. **[11]**



Figure III. 5:Entrée de câble certifié **[11]**



Figure III. 6:Câble et Entrée de câble certifiée **[11]**

III.2.2. Mode de protection sécurité augmenté « Ex e »

Vise à éliminer toute source potentielle d'inflammation en renforçant la conception des équipements électriques, notamment par une meilleure isolation et un contrôle des échauffements, garantissant ainsi un fonctionnement sûr en atmosphère explosive. Ce mode s'applique uniquement pour gaz. Ce mode s'applique uniquement aux gaz.

Cette protection dépend :

- Des distances d'isolement et lignes de fuites entre les parties conductrices.
- Du degré IP.
- De l'échauffement dû à la puissance dissipée. **[13]**

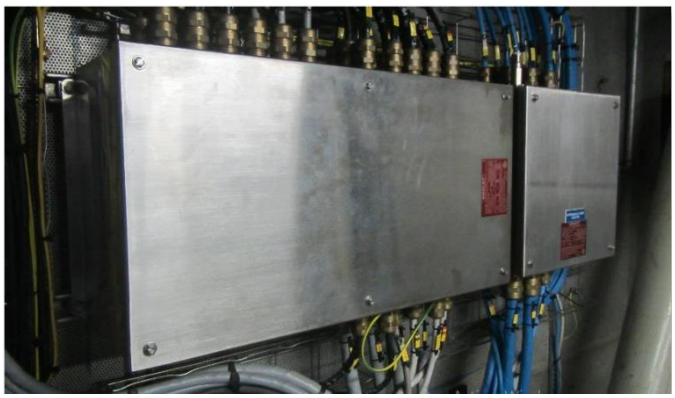


Figure III. 7: Boîtes de jonctions (Ex e) **[11]**



Figure III. 8: Luminaire (EX e) **[11]**

III.2.2.1. Inspection des équipements ATEX « EX e »

- Vérifier l'adéquation du marquage et l'état général.
- Vérifier l'absence de modification du matériel.
- Vérifier la boulonnerie de l'enveloppe (complets, identiques).
- Vérifier les presse-étoupes et les bouchons (marquage, serrage).
- Vérifier les mises à la terre.
- Vérifier l'état du joint d'étanchéité.
- S'assurer que le matériel à l'intérieur de l'enveloppe est ATEX.
- Vérifier le câblage (serrage, distance d'isolement, fils non connectés).
- Vérifier l'absence de point d'échauffement. **[11]**

III.2.2.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX e »

La maintenance des équipements en mode de protection « Ex e » repose sur le contrôle rigoureux des connexions électriques, de l'isolation et de l'échauffement, afin de prévenir toute source d'inflammation et de garantir le maintien du niveau de sécurité initial.

Si la maintenance d'un matériel «e» nécessite une réparation, celle-ci devra être réalisée suivant le référentiel SAQR-ATEX.

- Pièces neuves fournies par le constructeur et/ou conformes à sa notice.
- Le joint d'étanchéité doit être identique à celui d'origine constructeur.
- L'étanchéité et le degré de protection ne doivent pas être altérés.
- Pas de matériel non certifié à l'intérieur d'une enveloppe « e ». **[12]**

III.2.2.3. Installation

- Le câble ne doit pas diminuer ou modifier les distances d'isolement.
- Ne jamais laisser des fils en l'air (éviter potentiel flottant).
- Lors du câblage, ne pas altérer la classe de température.
- Éviter la détérioration des câbles. **[11]**

III.2.3. Mode de protection par pressurisation « Ex p »

Consiste à empêcher la pénétration de l'atmosphère extérieure à l'intérieur du matériel, en maintenant à l'intérieur de l'enveloppe un gaz de protection à une pression supérieure à celle de l'atmosphère extérieure. Ce mode s'applique aux gaz et aux poussières.

Une protection qui dépend :

- L'étanchéité générale.
- La qualité de l'automatisme et matériels associés.
- La qualité du gaz de protection. **[14]**



Figure III. 9: Moteur pressurisée (Ex p) **[11]**

III.2.3.1. Gaz de protection

- inflammable, non toxique.
- Exempt d'humidité, de lubrifiant, de graisse, de poussières, de fibres, etc.
- Température<40 °C à l'entrée de l'enveloppe. **[11]**

III.2.3.2. Inspection des équipements ATEX « EX p »

- Vérifier l'adéquation du marquage et l'état général.
- Vérifier l'absence de modification du matériel.
- Vérifier la boulonnerie de l'enveloppe (complets, identiques).
- Vérifier les presse-étoupes et les bouchons (marquage, serrage).
- Vérifier les mises à la terre.

- Vérifier l'état général du système de pressurisation (tuyauterie…).
- Vérifier la pression.
- Vérifier l'absence de fuite et l'état des joints d'étanchéité.
- Vérifier le report d'alarme (pression basse).
- Vérifier le seuil pressostat (changement d'état lors de la perte de la pressurisation). **[11]**

III.2.3.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX p »

La maintenance des équipements en mode de protection Ex p repose sur le contrôle permanent de la pressurisation, de l'étanchéité de l'enveloppe et du bon fonctionnement des systèmes d'alimentation et d'alarme, afin de garantir l'exclusion des atmosphères explosives.

Si la maintenance d'un matériel «p» nécessite une réparation, celle-ci devra être réalisée suivant le référentiel SAQR-ATEX.

Système de pressurisation

Lors de la maintenance sur le système de pressurisation, toujours s'assurer de la bonne remise en service de celui-ci. Le contrôle du système de pressurisation doit prendre en compte les données du constructeur (pressions de déclenchement, débit, temporisations, etc.). Les mesures doivent être fiables et précises.

Enveloppes « p »

La maintenance des enveloppes « p » est possible sous réserve de ne pas dégrader l'indice de protection IP et par conséquent d'augmenter le niveau de fuite du gaz de protection.

Entrées de câbles

Les entrées doivent maintenir le degré de protection d'origine et ne doivent pas permettre l'augmentation des fuites de gaz de surpression. **[12]**

III.2.4. Mode de protection sécurité intrinsèque « Ex i »

Basé sur la limitation de l'énergie électrique dans le matériel et dans les connexions placées dans une atmosphère explosive, à un niveau inférieur à celui qui peut être la cause d'une inflammation tant par étincelle que par effet thermique. Ce mode s'applique aux gaz et aux poussières.

Énergie d'un circuit de « SI » < EMI du gaz ou poussière considérée

Doit être protégé contre toute intrusion d'énergie externe dans le circuit afin de ne pas dépasser la limité de sécurité définie.

Les paramètres du circuit, c'est-à-dire la tension, le courant, la résistance, l'inductance et la capacité, sont des facteurs qui sont pris en compte dans la conception d'un circuit. **[15]**



Figure III. 10: Transmetteur (Ex i)



Figure III. 11 : La sonde du détecteur de gaz combustible (Ex i)

III.2.4.1. Inspection des équipements ATEX « EX i »

- Vérifier l'absence de modification du matériel.
- Vérifier les presse-étoupes et les bouchons
- Vérifier l'adéquation du marquage et l'état général.
- Le remplacement d'éléments du circuit doit être réalisé à l'identique.
- Vérifier le cheminement des câbles règles SI et leur repérage.

- Vérifier les mises à la terre. **[11]**

III.2.4.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX i »

La maintenance des équipements en mode de protection Ex i repose sur le respect strict des caractéristiques du circuit intrinsèquement sûr, notamment en évitant toute modification susceptible d'augmenter l'énergie et en garantissant l'intégrité des dispositifs de protection.

Si la maintenance d'un matériel «i» nécessite une réparation, celle-ci devra être réalisée suivant le référentiel SAQR-ATEX. **[12]**

III.2.5. Mode de protection par immersion dans un liquide « Ex o»

Mode de protection dans lequel le matériel électrique ou ses composants sont immergés dans un liquide de protection de telle sorte qu'une atmosphère explosive gazeuse qui peut être située au-dessus du liquide ou hors de l'enveloppe ne peut pas être enflammée Ce mode s'applique uniquement aux gaz.

Une protection basée sur :

- La séparation des sources d'inflammation et de l'atmosphère explosive.
- Un liquide de protection.

Les circuits électriques et les composants destinés à être immergés dans le liquide de protection doivent satisfaire aux distances d'isolement dans l'air, avant d'être immergés dans le liquide de protection.

Les critères suivants sont spécifiés :

- Le niveau maximal et minimal du liquide de protection.
- L'angle de travail maximal par rapport à l'horizontale du matériel. **[16]**

III.2.5.1. Exemples de matériels « EX o»

- Transformateur
- Condensateur
- Relais et contacteur magnétique
- Poste de commande **[11]**

III.2.5.2. Inspection des équipements ATEX « EX o »

- Vérifier Position / inclinaison de l'équipement
- Vérifier Niveau du liquide
- Vérifier l'absence de modification du matériel.
- Vérifier les presse-étoupes et les bouchons
- Vérifier l'adéquation du marquage et l'état général.
- Vérifier les mises à la terre. **[11]**

III.2.5.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX o »

La maintenance des équipements en mode de protection Ex o repose sur le contrôle du niveau et de la qualité du liquide de protection, ainsi que sur la vérification de l'étanchéité et de la température, afin de garantir l'immersion permanente des parties actives et prévenir tout risque d'inflammation.

Si la maintenance d'un matériel «o» nécessite une réparation, celle-ci devra être réalisée suivant le référentiel SAQR-ATEX. **[12]**

III.2.6. Mode de protection par en capsulage « Ex m »

C'est le mode dans lequel les parties du matériel qui sont capables d'enflammer une atmosphère explosive par étincelle ou par échauffement sont enfermées dans un composé de telle sorte que l'atmosphère explosive ne peut pas être enflammée, dans les conditions de fonctionnement ou d'installation. Ce mode s'applique aux gaz et aux poussières

Cette protection est basée sur :

- La séparation des sources d'inflammation de l'atmosphère explosive.
- Résine approuvée uniquement.
- Résine non démontable, donc difficilement réparation. **[17]**



Figure III. 12: Ballast d'éclairage (Ex m) **[12]**

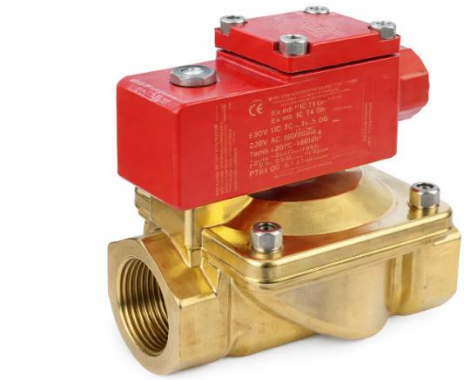


Figure III. 13: Bobine d'électrovanne (Ex m) **[12]**

III.2.6.1. Inspection des équipements ATEX « EX m»

- Vérifier l'absence de fissures ou décollement de la résine
- Vérifier l'absence de bulles, cloques
- Vérifier l'absence de traces d'humidité, d'infiltration ou de contamination.
- S'assurer que l'en capsulage n'est ni déformé, ni brûlé, ni décoloré. **[11]**

III.2.6.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « EX m»

La protection par encapsulation est utilisée pour des matériels qui n'ont pas de mouvement interne, et qui ne nécessitent pas de maintenance durant la vie du produit.

Aucune réparation n'est autorisée sur un équipement de type Ex m. Toute fissure ou dégradation de l'en capsulage, annule la conformité de l'équipement. L'équipement doit être retiré du service et remplacé. **[12]**

III.2.7. Mode de protection par remplissage pulvérulent « Ex q »

C'est le mode de protection dans lequel les parties susceptibles d'enflammer une atmosphère explosive gazeuse sont en position fixe et sont complètement noyées dans un matériau de remplissage (particules de quartz ou de verre) de telle sorte que l'inflammation d'une atmosphère explosive gazeuse soit empêchée. Ce mode s'applique uniquement aux gaz.

-Points critiques pour ce mode :

- Le remplissage doit être réalisé de manière à ne laisser subsister aucun vide à l'intérieur du matériau de remplissage**.**
- La distance minimale à travers le matériau de remplissage entre les parties électriquement conductrices de l'appareil et le conteneur doit être conforme aux exigences de la norme **IEC**6**0079-5**.
- Si des fusibles sont employés, ils doivent avoir une tension assignée n'est pas inférieure à celle du circuit d'alimentation et ils doivent avoir un pouvoir de coupure inférieur au courant de défaut présumé du circuit.
- Le mouvement des particules de quartz est parfois capable d'éroder certains composants internes de l'appareil.

-Cette protection s'applique aux appareils électriques ayant :

- Un courant assigné d'alimentation inférieur ou égal à 16 A.
- Une tension assignée d'alimentation inférieure ou égale à 1 000 V.
- Une puissance consommée assignée inférieure ou égale à 1 000 W. **[18]**

III.2.7.1. Exemples de matériels « Ex q»

- Ballasts d'éclairage
- Relais et temporisateurs
- Petits transformateurs
- Condensateur **[11]**

III.2.7.2. Inspection des équipements ATEX « Ex q»

- Vérifier l'étanchéité de l'enveloppe.
- S'assurer qu'il n'y a aucune trace de fuite du matériau de remplissage**.**
- S'assurer qu'il n'y a aucune ouverture ou modification non autorisée de l'équipement.
- Contrôler les signes de choc ou détérioration mécanique.
- S'assurer que les fusibles (s'ils existent) sont conformes aux valeurs nominales (tension et pouvoir de coupure). **[11]**

III.2.7.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex q»

- Aucune ouverture du boîtier n'est autorisée.
- Aucune intervention n'est permise sur le matériau pulvérulent (pas de remplacement, pas d'ajout).
- Fuite de poudre, boîtier détérioré ou joint défectueux nécessite remplacement complet de l'équipement (aucune réparation n'est autorisée).
- Maintenance limitée aux éléments externes : serrage, connexions, fixations. **[12]**

III.2.8. Mode de protection enveloppe étanche « EX t »

C'est le mode de protection qui s'applique uniquement aux poussières combustibles dans lequel les sources d'inflammation sont isolées de l'atmosphère explosive de poussières combustibles en les installant dans une enveloppe disposant d'une étanchéité suffisante à la poussière et dont la température de surface ne dépasse pas la température maximum définie.

Le mode enveloppe étanche « Ex t » est basé sur :

- La séparation des sources d'inflammation et de l'atmosphère explosive.
- Une enveloppe étanche à la poussière (IP).
- Une température de surface externe inférieure à la température d'inflammation des poussières. **[19]**



Figure III. 14: Boite jonction (Ex t)



Figure III. 15: Moteur (Ex t) **[11]**

III.2.8.1. Protection contre la pénétration de poussière

Tableau III. 1: Tableau des exigences IP selon le niveau de protection EPL **[11]**

EPL (Ex t)	Indice IP	Zone correspondante
Ex ta	IP6X	Zone 20
Ex tb	IP6X ou IP5X	Zone 21
Ex tc	IP5X	Zone 22

III.2.8.2. Inspection des équipements ATEX « Ex t»

Toutes les inspections doivent être conformes à **IEC 60079-17**

- S'assurer du bon état de l'enveloppe et des joints d'étanchéité.
- Vérification l'épaisseur de la couche de poussières.
- Vérification l'inclinaison des matériels. **[11]**

III.2.8.3. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex t»

- La réparation doit être réalisée de manière à maintenir ou restaurer la conformité à la norme d'origine.
- Chaque opération de réparation doit être documentée et tracer pour assurer la responsabilité et l'audibilité.
- L'équipement réparé doit être remarqué ou identifié pour indiquer qu'il a été soumis à une intervention selon la norme.
- Utiliser des pièces de remplacement certifiées Ex
- Les réparations ne doivent pas compromettre :

    - Les lignes d'étanchéité de poussières.
    - Les limites de température de surface.
    - Les caractéristiques originales du matériel Ex. **[12]**

III.3. Les modes de protection pour des équipements non-électriques

III.3.1 Mode de protection par construction « Ex c »

C'est le mode de protection dans lequel les sources d'inflammation sont évitées grâce à des règles de conception, de construction, d'utilisation et de maintenance. Ce mode s'applique aux gaz et aux poussières.

Les mesures de construction sont appliquées de manière à protéger l'appareil contre toute inflammation éventuelle par des surfaces chaudes, des étincelles et une compression adiabatique générée par les parties mobiles.

Ce mode de protection dépend de :

- La conception, la fabrication, l'utilisation et l'entretien corrects du produit.
- Pièces en mouvement (engrenages, courroies, convoyeurs, ressorts…).
- Lubrification.
- Jeu entre les pièces.
- Notice d'instructions. **[20]**



Figure III. 16: Thermomètre (Ex c)



Figure III. 17: Servomoteur pneumatique de vanne (Ex c)

III.3.1.1 Inspection des équipements ATEX « Ex c»

- Vérifier l'absence de chocs, fissures et déformations sur la structure.
- Contrôler les zones de frottement et pièces mobiles.
- Vérifier l'absence de contact métal-métal pouvant générer des étincelles
- Contrôler les jeux mécaniques et alignements.
- S'assurer du bon état des fixations et serrages.
- Vérifier l'absence de blocage, grippage ou échauffement anormal.

- Vérification du niveau d'huile selon la fréquence recommandée.
- Les dispositifs de surveillance doivent être vérifiés et contrôlés par rapport à leur rôle vis-à-vis du mode de protection, mais également par rapport à leur propre mode de protection:(Contrôle des phases de glissement/patinage (embrayages et accouplements), Température, Présence de lubrifiant….). **[21]**

III.3.1.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex c »

Pour la lubrification :

- La lubrification, la surveillance et la maintenance doivent s'effectuer conformément aux instructions du fabricant (fréquence, quantité...).
- Dans le cas d'un système manuel de surveillance du niveau d'huile, respecter les instructions sur la maintenance périodique.

Pour les garnitures d'étanchéité :

- Respecter les instructions du fournisseur quant au choix des garnitures d'étanchéité.
- Le remplacement doit toujours garantir de ne pas dépasser la T° maximale de surface.

Pour les vibrations :

- Respecter les plages de fonctionnement de l'appareil et les procédures de lignage.
- Respecter les seuils acceptables suivant le référentiel SAQR-ATEX après réparation. **[12]**

III.3.2. Mode de protection par contrôle des sources d'inflammation « Ex b »

C'est le mode de protection dans lequel les sources d'inflammation sont contrôlées par des capteurs qui déclenchent des actions afin d'empêcher la source d'inflammation de devenir active. Ce mode s'applique aux gaz et aux poussières

Le mode de protection « Ex b » suppose :

- Sources d'inflammation mesurables.
- Une fiabilité des capteurs et des actionneurs évaluées.
- Calibration des capteurs dans le temps.

-Pour un contrôle efficace et sûr, la fiabilité du système de prévention de l'inflammation doit être évaluée et son niveau de sécurité doit être en accord avec la catégorie du matériel à protéger.

Cette évaluation est basée sur :

- La justesse et la précision des seuils du capteur.
- La justesse de la position du capteur au sein de matériel à protéger.
- Les technologies des équipements formant le système de prévention (capteur, actionneur, barrière de sécurité SI « Safety Interface »).
- Le temps de réponse du capteur/détecteur.
- La vitesse de variation de la source d'inflammation devenant une source effective. **[20]**



Figure III. 18: Pompe à vide (Ex b) **[21]**

III.3.2.1 Inspection des équipements ATEX « Ex b»

- Les équipements assurant le contrôle de la source d'inflammation doivent être contrôlés conformément à leurs modes de protection et à leurs fonctionnalités :
- Contrôle des seuils de déclenchements et de la fiabilité de l'appareil.
- Contrôle du mode de protection vis-à-vis du risque ATEX.
- Les réglages et les caractéristiques de fonctionnement du capteur et du système de prévention de l'inflammation doivent être contrôlés en tenant compte des phénomènes d'hystérésis.
- La calibration des instruments doit être vérifiée régulièrement.

- Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur. Ses instructions doivent être strictement respectées notamment, les valeurs seuils et la périodicité de vérification des SPI. (Système de Prévention d'Inflammation). **[21]**

III.3.2.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex b»

- Calibration périodique des capteurs
- Respect strict de la notice constructeur
- Toutes opérations de réparation ou de remplacement des composants d'un équipement protégé par le mode nécessite d'utiliser des pièces certifiées ATEX.
- Interdiction de modifier les seuils de sécurité sans validation constructeur. **[12]**

III.3.3. Mode de protection par immersion dans un liquide « Ex k »

C'est le mode de dans lequel les sources d'inflammation sont rendues inactives ou isolées de l'atmosphère explosive, soit en les immergeant totalement dans un liquide de protection, soit en les immergeant partiellement et en recouvrant continuellement leurs surfaces. Ce mode s'applique uniquement aux gaz.

C'est une protection liée à :

- L'état du liquide.
- Le niveau / la présence du liquide.
- Les caractéristiques du liquide.
- La résistance de l'enveloppe à la pression du liquide.
- La compatibilité chimique entre le produit et le liquide.

Points critiques pour ce mode :

- L'enveloppe doit résister à la pression de service.
- L'angle en travail maximal par rapport à l'horizontale de l'appareil.
- Viscosité maximale et minimale du liquide de protection.
- Desserrages accidentels des fixations internes et externes rendus impossibles (rondelle de blocage, scellement de filetage).
- Le liquide peut être un liquide inflammable, à partir du moment où il ne créait pas une ATEX.
- Équipements de contrôle de niveau ou pression/débit. **[20]**



Figure III. 19: Pompe centrifuge (Ex k) **[21]**

III.3.3.1 Inspection des équipements ATEX « Ex k»

- Vérification de l'état des joints et garnitures assurant l'étanchéité du liquide de protection.
- Vérification le niveau maximal et minimal ou pressions maximale et minimale ou le débit du liquide de protection.
- Vérification viscosités maximale et minimale du liquide. **[21]**

III.3.3.2. Maintenance et réparation des équipements ATEX « Ex b»

- Utilisation du liquide de protection spécifié par le fabriquant.
- Maîtrise de la qualité du lubrifiant suivant les spécifications du constructeur (chromatographie, pollution, dilution).
- Le réparateur doit vérifier la présence du moyen prévu (ex : scellement des filetages, rondelles de blocage, plombage des têtes de boulons…) pour éviter le desserrage accidentel des fixations externes et internes associées aux couvercles qui donnent accès au liquide de protection. **[12]**

III.4. Conclusion

Ce chapitre a permis de mettre en évidence l'importance des modes de protection ATEX dans la prévention des risques d'explosion. Leur efficacité repose non seulement sur leur conception, mais aussi sur le respect rigoureux des conditions d'utilisation, de maintenance et d'inspection.

En effet, toute défaillance ou intervention non conforme peut compromettre la sécurité des installations. Il est donc indispensable d'appliquer des procédures strictes afin d'assurer la fiabilité et la performance des équipements.

La bonne maîtrise des modes de protection ATEX et des pratiques associées constitue un élément fondamental pour garantir la sécurité des installations en atmosphères explosives.

CHAPITRE IV : ETUDE PRATIQUE D'INSPECTION ATEX –CAS DE L'UNITE DE LIQUEFACTION DU COMPLEXE GL3/Z

CHAPITRE IV : ETUDE PRATIQUE D'INSPECTION ATEX –CAS DE L'UNITE DE LIQUEFACTION DU COMPLEXE GL3/Z

IV.1. Introduction

Après avoir abordé, dans les chapitres précédents, les fondements théoriques des atmosphères explosives (ATEX) et les principes de protection des équipements électriques, ce chapitre se consacre à l'application pratique de ces connaissances au sein du complexe industriel GL3/Z. Dans un environnement de liquéfaction de gaz naturel où la présence de fluides inflammables impose une vigilance constante, la maîtrise du risque d'explosion constitue une priorité opérationnelle absolue.

L'objectif de cette étude est d'évaluer, sur le terrain, la contribution réelle des équipements ATEX à la sécurité de l'unité de liquéfaction (Unité 15). Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie d'inspection rigoureuse, basée sur les exigences normatives de la **CEI 60079-17**, qui fait autorité en matière d'inspection et d'entretien des installations électriques en zones dangereuses.

Ce chapitre présentera, dans un premier temps, la démarche méthodologique adoptée pour l'élaboration de notre check-list d'inspection. Dans un second temps, nous exposerons les résultats des contrôles effectués sur un échantillon représentatif d'équipements. Enfin, une analyse critique de ces résultats nous permettra d'interpréter la conformité des équipements ATEX de l'unité et de proposer des recommandations concrètes visant à renforcer durablement la prévention des risques majeurs au sein du complexe.

IV.2. Problématique

Dans les milieux industriels où les atmosphères explosives sont présentes, la prévention des risques d'explosion constitue un enjeu majeur de sécurité. Les équipements certifiés ATEX sont conçus pour réduire ces risques en évitant toute source d'inflammation. Toutefois, leur efficacité ne dépend pas uniquement de leur conception, mais aussi des conditions de leur utilisation, de leur maintenance et de leur inspection.

En effet, en l'absence d'un suivi rigoureux et d'inspections périodiques conformes aux exigences réglementaires, ces équipements peuvent perdre leur niveau de protection et devenir une source potentielle de danger.

Dès lors, la question qui se pose est la suivante: comment les équipements ATEX contribuent-ils réellement à la maîtrise des risques d'explosion, et dans quelle mesure les opérations d'inspection périodique permettent-elles de garantir leur efficacité et leur conformité dans le temps ?

IV.3. L'objectif d'inspection des équipements ATEX

Est de garantir le maintien de l'intégrité des modes de protection contre les explosions tout au long de la durée de vie de l'installation. Cette démarche vise à identifier et à corriger les dégradations dues à la corrosion, aux vibrations, aux erreurs de maintenance ou aux modifications non conformes avant qu'elles ne deviennent une source d'inflammation, l'inspection assure la sécurité des personnes et des infrastructures tout en répondant aux obligations réglementaires de prévention des risques majeurs.

IV.4. Méthodologie d'élaboration de la check-list d'inspection des équipements ATEX

1-Définir les références normatives : La norme utilisé pour l'inspection des équipements ATEX est La norme CEI 60079-17 (Atmosphères explosives - Partie 17)

La norme CEI 60079-17 (Atmosphères explosives - Partie 17) : Inspection et entretien des installations électriques) a pour objectif principal de garantir que l'intégrité des caractéristiques de protection contre l'explosion d'un équipement est maintenue tout au long de sa durée de vie. Elle s'applique aux utilisateurs et couvre uniquement les facteurs liés à l'inspection et à la maintenance des installations électriques en zones dangereuses (gaz, vapeurs, brouillards ou poussières).

- D'après les exigences de la norme CEI 60079-17 :

Exigence de Compétence

Impose que l'inspection des installations en atmosphères explosives exclusivement par des personnel qualifié et compétent, dont les aptitudes sont régulièrement évaluées et documentées. Cette exigence stipule que les intervenants (inspecteurs et personnel d'encadrement) doivent posséder une connaissance approfondie des principes de protection contre les explosions, des techniques d'installation, ainsi que des exigences réglementaires en vigueur. La compétence ne se limite pas à une formation théorique initiale ; elle doit inclure une expérience pratique suffisante et une maîtrise des outils de mesure et de diagnostic spécifiques, garantissant ainsi que l'inspecteur est capable d'identifier toute dégradation critique sans compromettre la sécurité du site. **[22]**

2-Définir le périmètre de l'inspection : Consiste de déterminer le champ d'application de l'inspection et à identifier les équipements ATEX concernés.

3-Classification des zones : L'identification des zones ATEX constituent une étape fondamentale pour l'identification et l'évaluation des risques liés aux atmosphères explosibles. Il permet de déterminer, pour chaque zone de procédé, la probabilité de présence d'un mélange inflammable et Il sert ensuite de référence pour le choix et l'installation des équipements certifiés ATEX, afin d'assurer leur adéquation avec l'environnement dangereux.

4-Définir le type d'inspection : L'inspection des équipements ATEX est une action comportant un examen minutieux d'un élément de l'installation exécuté soit sans démontage, soit, en plus, avec le démontage partiel exigé, complété par des moyens tels que des mesures, afin d'aboutir à une conclusion digne de confiance sur l'état de cet élément. **[11]**

L'inspection divise en trois types :

- **Inspection visuelle**

Permet de détecter, sans l'utilisation d'un équipement d'accès ou d'outils, les défectuosités visibles à l'œil nu, telles que des boulons manquants.

- **Inspection de près**

Comporte les aspects couverts par une inspection visuelle et, de plus, détecte les défectuosités telles que des boulons desserrés, qui ne peuvent être mises en évidence que par l'utilisation d'un équipement d'accès, par exemple des échelles (quand cela est nécessaire).

NOTE : L'inspection de près n'exige, Pas d'ouverture de l'enveloppe. Pas de mise hors tension.

- **Inspection détaillée**

Comporte les aspects couverts par une inspection de près et qui, de plus, détecte les défectuosités, telles que des connexions desserrées, qui ne sont détectables qu'après ouverture de l'enveloppe et/ou en utilisant, quand cela est nécessaire, des outils et appareillages d'essai. **[11]**

5-Constater l'état de l'équipement : Chaque équipement est évaluée selon :

- Son adéquation au zonage.
- La conformité du marquage.
- La conformité de ses critères mécaniques: intégrité du boitier (corrosion, fissure, fixation et serrage des vises)
- La conformité de ses critères électrique: Connexion électrique, mise à la terre.

6-Définir les critères d'évaluation : Déterminer si l'équipement est conforme, c'est-à-dire il contribue à la maîtrise des risques ATEX. Ou non conforme, c'est-à-dire il ne contribue pas à la maîtrise des risques ATEX.

IV.5. L'application de la méthodologie d'élaboration de la check-list d'inspection des équipements ATEX au niveau l'unité de liquéfaction du complexe GL3/Z

Dans le cadre de l'évaluation de la contribution des équipements ATEX à la maîtrise du risque d'explosion au niveau de l'unité de liquéfaction (Unité 15) du complexe GL3/Z, une check-list d'inspection visuelle a été élaborée conformément à la norme CEI 60079-17.

IV.5.1. Description du cas d'étude - L'unité de liquéfaction « Unité 15 » du Complexe GL3/Z

L'unité de liquéfaction (Unité 15) est conçue pour produire du gaz naturel liquéfié (GNL) à -162°C répondant à une qualité de marché spécifique ainsi qu'un courant d'hélium brut.

Les unités de liquéfaction et de réfrigération sont basées sur la Licence d'Air Products and Chemicals Incorporation(APCI), le procédé propane-réfrigérant mixte qui utilise un seul MCHE.

Le gaz naturel sortant de l'unité 17 (fractionnement) à une pression de 72,7 bars et une température d'environ 30°C est envoyé vers l'unité 15.
Le gaz résiduel est d'abord prérefroidi par du propane dans les refroidisseurs à propane de gaz résiduel (Schelers) à pressions différentes :

- Très Haute Pression (HHP) refroidi de 30°C à 13,7°C.
- Haute Pression (HP) refroidi jusqu'à -3,2°C.
- Moyenne Pression (MP) refroidi jusqu'à -19,5°C.
- Basse Pression (BP) refroidi jusqu'à -33°C.

Le gaz naturel refroidi est ensuite envoyé vers le fond du l'échangeur principale MCHE (faisceau chaud) où il est liquéfié et refroidi jusqu'à -145 °C en sortie du faisceau froid de tête du MCHE au contact du MR (Réfrigérant Mixte) «un mélange d'azote, de méthane, d'éthane et de propane ».

Le GNL sortant du MCHE à haute pression est détendu à 2 bar au-dessus du point d'ébullition du GNL par une dilatation isentropique effectuée par la turbine hydraulique de GNL (liquid turbo expander) ou par une vanne de by-pass de la turbine hydraulique de GNL (vanne joule thomson) en cas l'arrêt de la turbine ensuite le GNL est envoyé au ballon de récupération d'hélium) où le GNL subit une détente ultérieure pour récupérer un courant d'hélium brut à exporter ou pour réchauffé dans la Boîte Froide pour utiliser dans le circuit de Gaz End Flash .
Le GNL passe par la colonne de désorption d'azote pour réduire la teneur en azote ou sa température est environ à -162°C.

Enfin, le GNL est envoyé vers les réservoirs de stockage de GNL de l'unité 71 par les pompes de produit GNL.

Cette unité comprend ainsi le circuit de Gaz End Flash, le courant de ce gaz provient de la tête de la colonne de désorption d'azote et de la tête du ballon de récupération d'hélium Les deux courants sont réunis après avoir été réchauffés dans la boîte froide de Gaz End Flash Dans la Boîte Froide le froid des deux courants est récupéré pour liquéfier un courant latéral du gaz naturel.

Le courant commun est acheminé vers les compresseurs de Gaz End Flash composés de deux trains de compression identiques. Chaque train comprend un compresseur à trois étages avec des refroidisseurs intermédiaires fonctionnant à pression différente basse pression(BP)/moyen pression (MP)/haute pression (HP).
Le Gaz End Flash sortant des compresseurs est envoyé vers le réseau de gaz combustible (Unité 14).

L'unité de liquéfaction comprend d'un analyseur qui permet de contrôler la qualité satisfaire à la spécification du GNL et surveiller la composition des déférents gaz : gaz

résiduel, réfrigèrent mixte, réfrigèrent propane principal, l'hélium brut, l'azote, et du gaz end flash.

L'unité 15 consiste d'un bassin de rétention qu'est conçu dont le but est de contenir les éventuelles fuites des équipements. Et l'injection automatique de système de mousse pour couvrir la surface du bassin, afin de limiter le taux d'évaporation du produit suite l'activation de système de détection RTD (Resistance Temperature Detector). **[23]**

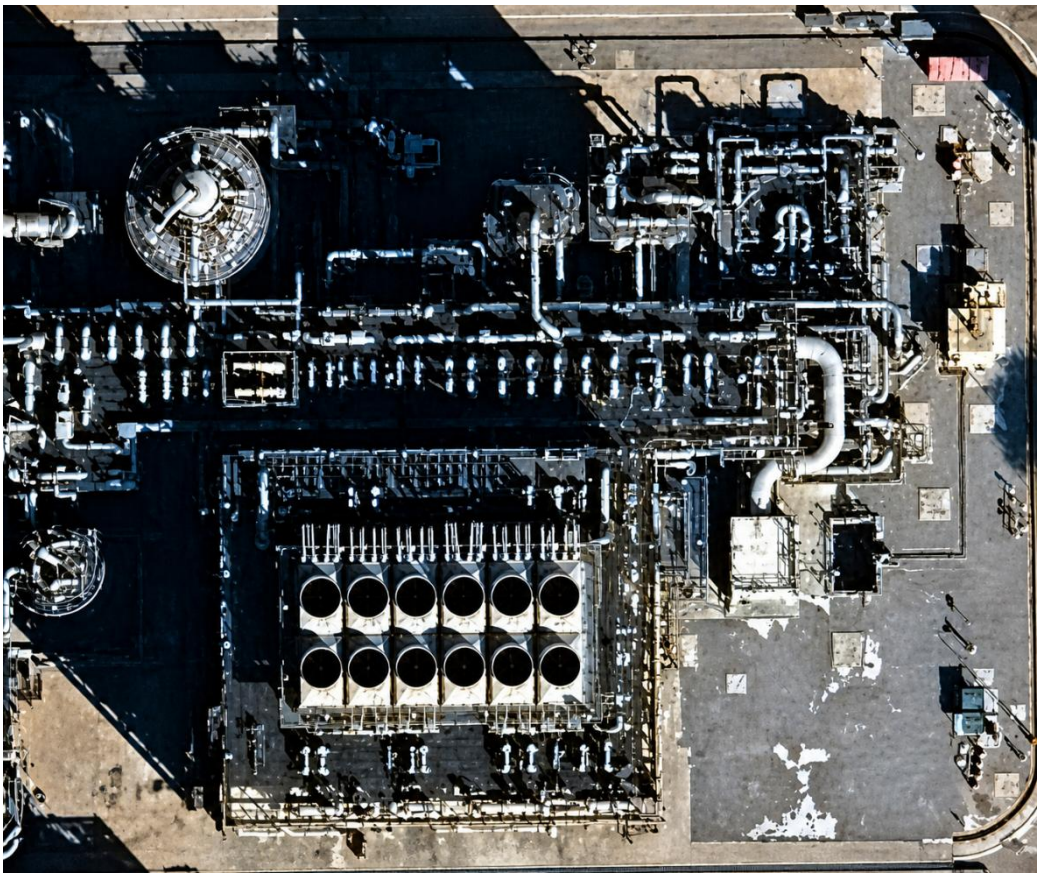


Figure IV. 1: Vue satellite de l'unité de liquéfaction du complexe GL3/Z **[24]**

IV.5.1.1. L'objectif de l'étude dans la section de liquéfaction

Dans un environnement industriel tel que la liquéfaction du gaz naturel, où les conditions opératoires impliquent la présence de fluides inflammables à basse température et haute pression, la maîtrise du risque d'explosion est une priorité absolue. Cette étude permet de vérifier la conformité des équipements ATEX situés en zone à atmosphère explosible, à travers une inspection visuelle afin de renforcer la sécurité des installations, prévenir de risque d'explosion ,et faciliter la mise en œuvre des actions correctives nécessaires. Elle constitue

par conséquent un outil essentiel d'aide à la décision dans le cadre de la gestion du risque ATEX au sein de la section de liquéfaction.

IV.5.1.2. Identification des zones ATEX

La classification des zones dangereuses repose sur l'identification systématique des emplacements où la formation d'une atmosphère explosive est susceptible de se produire.
Cette classification tient compte des rejets possibles de gaz ou de liquides inflammables, Qu'ils surviennent durant le fonctionnement normal des procédés, ou à la suite d'un événement imprévu. En analysant la fréquence, la durée et les conditions de ces rejets potentiels, les zones ATEX ont été délimitées à l'intérieur de l'unité. Cette identification est construite dans le but de réduire au niveau minimum acceptable la possibilité de l'occurrence simultanée d'une atmosphère inflammable/explosive et d'une source d'inflammation.

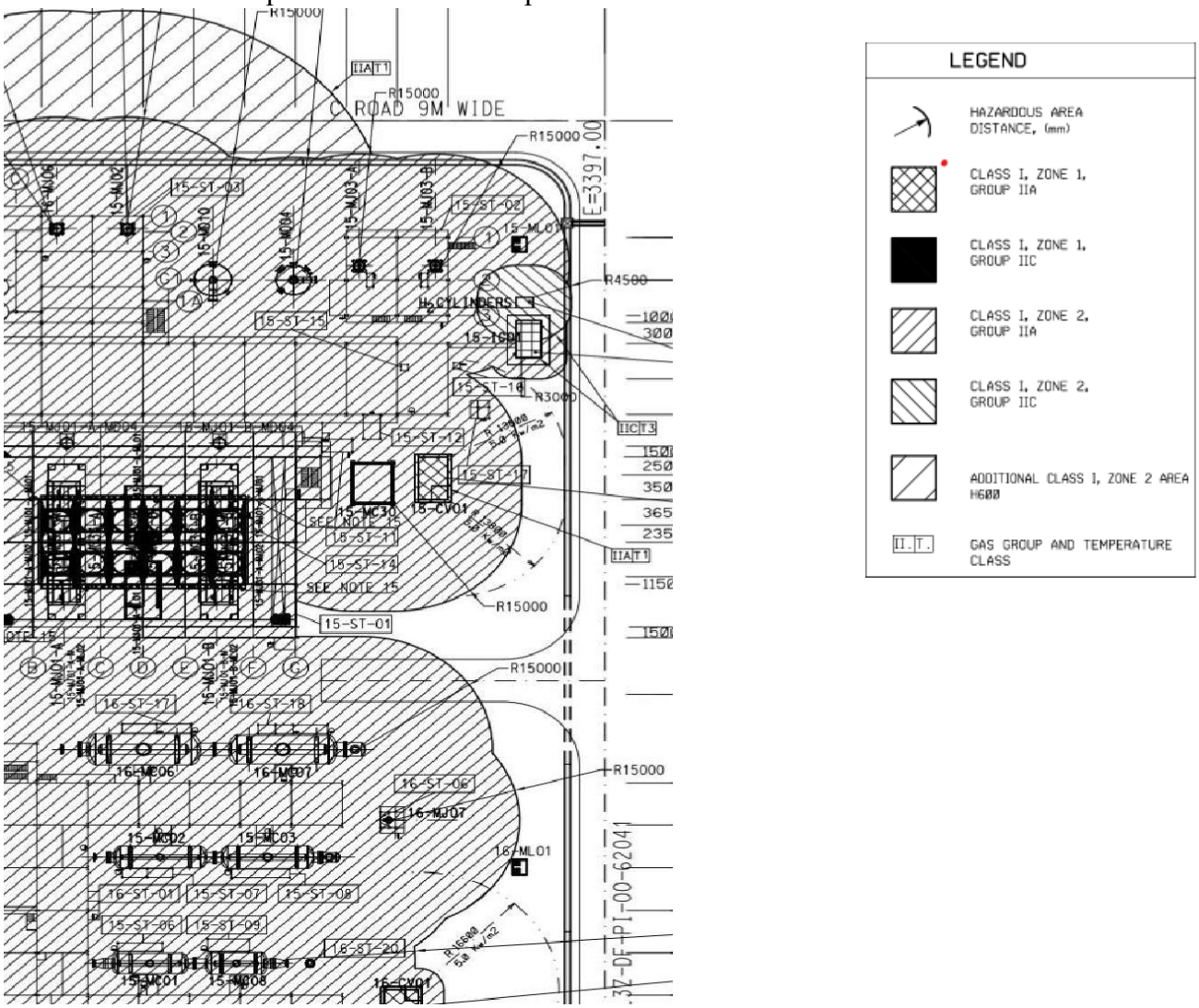


Figure IV. 2: Cartographie des zones ATEX unité liquéfaction **[25]**

IV.5.2. L'élaboration du check liste d'inspection

Le tableau suivant représente une check liste d'inspection visuelle applique sur quelques équipements ATEX au niveau l'unité de liquéfaction (unité 15) du complexe GL3/Z pour définir la conformité de chaque équipement ainsi que sa contribution de face aux risques d'explosion (ATEX).

Tableau IV. 1 : Check liste d'inspection des équipements ATEX au niveau unité 15

Equipement	Boite jonction	Boite jonction	Boite jonction
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 0470 II 2GD Ex e II T6 IP66	Marquage ATEX illisible	Lisible et adapté à la zone CE 0722 II 2GD Ex d II + H2 T6 IP67
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Présence des traces de corrosion.
Enveloppe	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.
Serrage (fixation des vises)	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées.
Connexion électrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme	Non conforme	✓Conforme

Contribution	Contribue à la maîtrise du risque d'explosion par la limitation des arcs, des étincelles et des échauffements.	Assure la protection ATEX, mais le marquage illisible peut affecter les opérations d'identification et de maintenance.	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur, mais il peut réduire avec le temps l'efficacité de la protection contre les sources d'inflammation.

Equipement	Boite jonction	Boite jonction de la prise électrique	Prise électrique
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone. CE 0425 II 2GD Ex e II T6 IP67	Lisible et adapté à la zone. CE 0722 II 2GD Ex e II T6 IP66	Lisible et adapté à la zone. CE 0722 II 2GD Ex d IIC T5 IP65
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Enveloppe	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.
Serrage (Fixation des vises)	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées

Connexion électrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présent et correctement
Conformité	✓ Conforme	✓ Conforme	✓ Conforme
Contribution	Contribue à la maîtrise du risque d'explosion par la limitation des arcs, des étincelles et des échauffements.	Contribue à la maîtrise du risque d'explosion par la limitation des arcs, des étincelles et des échauffements.	Assure une utilisation sécurisée de l'alimentation électrique dans les zones ATEX.

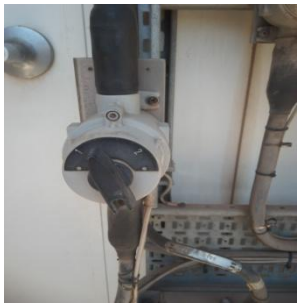
Equipement	Boite jonction	Boite jonction	L'armoire de l'analyseur de gaz en ligne
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 0470 Ex II 2GD EEx d IIC T6 IP67	Lisible et adapté à la zone CE 0722 II 2GD EEx d IIC T5 IP66	Lisible et adapté à la zone CE 0066 II 2(1) G Exd IIC T4 IP67
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Présence des traces de corrosion.
Enveloppe	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.

Serrage (fixation des vises)	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées	/
Connexion Electrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme	✓ Conforme	✓ Conforme
Contribution	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur mais il peut réduire avec le temps l'efficacité de la protection de l'équipement

Equipement	Moteur de la pompe	Lampe industriel	Lampe industriel
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 0081 Ex II 2GD Ex d IIB T4 Gb IP 66	Lisible et adapté à la zone CE 0724 II 2GD Ex e IIC T6 IP67	Lisible et adapté à la zone CE 0724 II 2GD Ex e IIC T6 IP67

Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Présence des traces de corrosion.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Enveloppe	Pas de fissure ou déformation	Pas de fissure ou déformation	Pas de fissure ou déformation
Serrage (fixation des vises)	Vise présent et bien serrées	/	/
Connexion Electrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conforme	✓Conforme	✓ Conforme	✓ Conforme
Contribution	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Assure un éclairage sécurisé et contribue à prévenir les sources d'inflammation dans la zone ATEX mais il peut réduire avec le temps l'efficacité de la protection de l'équipement.	Assure un éclairage sécurisé et contribue à prévenir les sources d'inflammation dans la zone ATEX.

Equipement	Câble de traçage électrique	Tableau de contrôle de traçage électrique	Luminaire tubulaire
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 0515 Ex II 2G Ex eb IIC T3 IP67	Lisible et adapté à la zone CE 0722 II 2GD Ex d IIB + H2 T6 IP65	Lisible et adapté à la zone CE 0722 II 2 GD Ex e IIC T5 IP65
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Enveloppe	Pas de fissure ou déformation	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Pas de fissure ou déformation
Serrage (fixation des vises)	/	Vis présentes et bien serrées	/
Connexion Electrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme	✓ Conforme	✓ Conforme
Contribution	Contribue à la maîtrise du risque d'explosion par la limitation des arcs, des étincelles et des échauffements.	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Contribue à la maîtrise du risque d'explosion par la limitation des arcs, des étincelles et des échauffements.

Equipement	Interrupteur de commande rotatif	Ampèremètre analogique industriel	Ensembles des composants intrinsèques à l'intérieur d'une boite
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone. CE 0722 Ex II 2GD EEx d IIC T5 IP66	Lisible et adapté à la zone. CE 0080 II 2GD Ex d IIC T5 IP66	Lisible et adapté à la zone. CE 0344 Ex II 2 G EEx i IIC T6 IP67
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Enveloppe	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation	Pas de fissure ou déformation
Serrage (fixation des vises)	Vis présentes et bien serrées	/	/
Connexion Electrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATE bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme	✓ Conforme	✓ Conforme

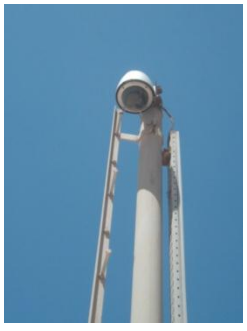
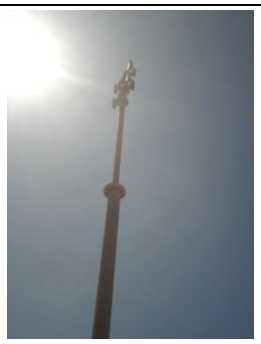
Contribution	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Limiter l'énergie électrique à une énergie inférieure à EMI et garantir que l'équipement ne puisse pas initier une explosion.

Equipement	Transmetteur de niveau	Transmetteur de température	Transmetteur de pression
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone. CE 0474 II 1G Ex ia IIC T6 IP67	Lisible et adapté à la zone. CE 0722 II 2GD Ex i IIC T5 IP66	Lisible et adapté à la zone. CE 0600 Ex II 2 GD EEx i IIC T6 IP67
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Enveloppe	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation
Serrage (fixation des vises)	/	/	/
Connexion Electrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATE bien serré et câble correctement fixé.

Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme	✓ Conforme	✓ Conforme
Contribution	Limiter l'énergie électrique à une énergie inférieure à EMI et garantir que l'équipement ne puisse pas initier une explosion.	Limiter l'énergie électrique à une énergie inférieure à EMI et garantir que l'équipement ne puisse pas initier une explosion.	Limiter l'énergie à une énergie inférieure à EMI électrique et garantir que l'équipement ne puisse pas initier une explosion.

Equipement	General monitors du détecteur de gaz combustible « CGD »	La sonde du détecteur de gaz combustible « CGD »	La sonde du détecteur de température à résistance
Figure			
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 0722 Ex II 2GD Ex db IIB+H2 T5 Gb IP66	Marquage ATEX illisible	Lisible et adapté à la zone CE 1370 Ex II 1/2GD Ex i IIC T6 IP66/67
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Enveloppe	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.	Boîtier en bon état, sans fissure ou déformation.

Serrage (fixation des vises)	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées.	Vis présentes et bien serrées.
Connexion électrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme	Non conforme	✓ Conforme
Contribution	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Assure la protection ATEX, mais le marquage illisible peut affecter les opérations d'identification et de maintenance.	Limiter l'énergie électrique l'énergie à une énergie inférieure à EMI et garantir que l'équipement ne puisse pas initier une explosion.

Equipement	Caméra de vidéosurveillance industrielle	Panal Adress General Alarm (PAGA)
Figure		
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 058 Ex **II 2G EEx d IIC T85°C IP66**	Lisible et adapté à la zone CE 0470 Ex **II 2G Ex d IIC T4 Gb**

Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.
Etat général	Équipement propre et intact.	Équipement propre et intact.
Support	Support en bon état.	Support en bon état.
Portillon de visite	Ouverture correctement fermé.	Ouverture correctement fermé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓Conforme	✓Conforme
Contribution	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.	Empêche l'explosion de se propager à l'extérieur.

Equipement	Moteur du compresseur
Figure	
Marquage	Lisible et adapté à la zone CE 0600 Ex II 2 GD Ex pxb IICT4 IP67
Corrosion	Absence de corrosion ou rouille sur l'équipement.

Enveloppe	Pas de fissure ou déformation.
Joints d'étanchéité	Présents, non craquelés, correctement positionnés pour empêcher les fuites de gaz de protection.
Serrage (fixation des vises)	Vis présentes et bien serrées.
Système de Pressurisation	Le moteur est pressurisé à 1.6 bar 
Connexion électrique (presse-étoupe)	Presse-étoupe ATEX bien serré et câble correctement fixé.
Mise à la terre	Mise à la terre présente et correctement raccordée.
Conformité	✓ Conforme
Contribution	Empêche la pénétration de l'atmosphère explosive extérieure à l'intérieur du moteur.

IV.6. Interprétation et Synthèse des Résultats de l'Inspection

Les résultats obtenus à travers cette campagne d'inspection visuelle, menée conformément à la norme CEI 60079-17, permettent de confirmer l'état de santé opérationnel des équipements ATEX au sein de l'unité de liquéfaction 15 du complexe GL3/Z.

Analyse de la conformité

L'examen systématique a révélé que, malgré les conditions opératoires sévères de l'unité (températures cryogéniques et pressions élevées), la majorité des équipements présentent une conformité totale. Cette conformité repose sur trois piliers fondamentaux que nous avons vérifiés :

- **L'intégrité des enveloppes :** L'absence de fissures ou de déformations garantit le maintien des modes de protection contre les sources d'inflammation.
- **La continuité de la mise à la terre :** La vérification systématique a confirmé que tous les équipements sont correctement raccordés, éliminant ainsi les risques de décharge électrostatique.
- **La qualité des connexions :** Le serrage adéquat des presse-étoupes atteste d'une maintenance préventive régulière, essentielle pour conserver les indices de protection (IP).

Évaluation des points de vigilance

L'interprétation de nos observations met toutefois en évidence des dérives liées au vieillissement des installations :

- **La corrosion environnementale :** La présence de traces de corrosion sur certains boîtiers et luminaires indique que l'atmosphère industrielle agressive impacte progressivement l'intégrité externe des équipements. Bien que ces éléments soient actuellement conformes, ils nécessitent une intervention rapide pour éviter une dégradation plus profonde.
- **La gestion de la traçabilité :** L'illisibilité des marquages ATEX sur certains dispositifs constitue une non-conformité documentaire majeure. Cette perte d'information entrave l'identification précise des caractéristiques de protection et peut induire en erreur les équipes de maintenance lors de futures interventions.

IV.7. Recommandations

Restauration de la traçabilité réglementaire

- **Action :** Remplacement systématique des plaques signalétiques ATEX illisibles pour garantir la conformité aux exigences de la norme CEI 60079-17.

Traitement préventif de la corrosion

- **Action :** Mise en œuvre d'un protocole de brossage et d'application de revêtements anticorrosion sur les enveloppes métalliques pour prévenir la dégradation des indices de protection (IP).

Renforcement de la périodicité des inspections des équipements ATEX

- **Action :** Intensification des cycles d'inspection visuelle pour les équipements exposés aux agressions climatiques afin de détecter précocement les altérations de surface.

Mise à jour de la documentation technique

- **Action :** Archivage des fiches techniques et des certificats de conformité pour chaque équipement ATEX, facilitant ainsi les audits de sécurité et les futures opérations de maintenance.

Audit périodique de conformité ATEX

- **Action :** établir un programme d'audit technique interne, indépendant des opérations d'inspection des équipements ATEX

Formation continue du personnel :

- **Action :** Renforcer la qualification des inspecteurs sur les spécificités des différents modes de protection pour garantir que chaque type d'équipement soit inspecté selon ses besoins critiques

IV.8. Conclusion

Cette étude pratique a permis d'évaluer la conformité des équipements ATEX de l'unité de liquéfaction 15 du complexe GL3/Z à travers une inspection visuelle conforme à la norme CEI 60079-17.

Les résultats obtenus montrent que les différents modes de protection sont globalement bien respectés et contribuent efficacement à la maîtrise du risque d'explosion sur le site. Toutefois, des anomalies constatées, telles que la corrosion sur certaines enveloppes et l'illisibilité de quelques marquages ATEX, ont été identifiées. Et dans ce cadre on a proposé des actions correctives

En résumé, la check liste d'inspection visuelle confirme que les équipements ATEX apportent une contribution fondamentale et directe à la maîtrise des risques d'explosion au sein de l'unité. Grâce à leurs différents modes de protection. Ils constituent ainsi la barrière de sécurité ultime et indispensable pour garantir l'intégrité des installations et protéger le personnel face aux risques majeurs.

CONCLUSION GENERALE

L’industrie gazière, de par la nature de ses activités et les substances qu'elle manipule, est exposée de manière inhérente au risque majeur d'explosion. Au sein du complexe GL3/Z, dont le processus global intègre le traitement, la séparation et la liquéfaction du gaz naturel, la présence continue de fluides inflammables sous haute pression et à des températures cryogéniques engendre la formation inévitable d'Atmosphères Explosives (ATEX). Face à ce constat, l'objectif central de ce mémoire était de déterminer de quelle manière les équipements ATEX contribuent concrètement à la maîtrise de ce risque.

Pour répondre à cette problématique, notre démarche s'est d'abord appuyée sur une analyse théorique rigoureuse. L'étude des mécanismes d'explosion et du cadre normatif a mis en évidence l'importance vitale d'une classification précise des zones à risque. Par la suite, la description détaillée des différents modes de protection a permis de comprendre comment ces équipements préviennent les sources d'inflammation, tout en mettant en évidence les procédures spécifiques exigées pour leur inspection et leur maintenance.

Toutefois, la phase pratique de notre recherche, menée au sein de l'Unité 15 du complexe GL3/Z, a permis de confronter cette théorie à la réalité du terrain. À travers une campagne d'inspection visuelle minutieuse, élaborée selon les exigences strictes de la norme internationale CEI 60079-17, nous avons pu examiner un échantillon représentatif d'équipements ATEX. Les résultats de cette étude pratique affirment de manière indéniable que les équipements ATEX remplissent leur fonction première : ils constituent une ligne de défense fiable et indispensable pour la prévention des explosions au sein de l'unité.

Cependant, cette inspection a également révélé que la contribution sécuritaire de ces équipements n'est ni statique, ni définitive. L'environnement industriel agressif du complexe provoque une usure naturelle, se traduisant notamment par l'apparition de corrosion sur certaines enveloppes et par la dégradation de la lisibilité des marquages réglementaires. Ces constats soulignent que, sans un suivi rigoureux, un équipement certifié peut perdre son intégrité et devenir lui-même un danger.

Ainsi, la réponse à notre problématique est sans équivoque : la contribution des équipements ATEX à la maîtrise des risques d'explosion est majeure, mais elle est

intrinsèquement conditionnée par la qualité et la régularité des opérations d'inspection et de maintenance. C'est pourquoi nous avons formulé des recommandations techniques et organisationnelles, telles que le traitement préventif anticorrosion, la restauration de la traçabilité documentaire et le renforcement des audits de conformité.

En définitive, dans un environnement aussi exigeant que celui du complexe GL3/Z, l'équipement ATEX n'est pas une simple exigence réglementaire, mais le pilier central de la sécurité. Maintenir l'intégrité de ce pilier à travers des inspections intransigeantes demeurera toujours l'unique voie pour maîtriser durablement le risque d'explosion et viser l'excellence opérationnelle.

BIBLIOGRAPHIE

[1] SAIPEM, « Manuel opératoire général (GNL-3Z Projet, Arzew-Algérie) », document interne, préparé par R.CROCI, approuvé par A.M.FARTOLINI ,27 mars 2012.

[2] Sonatrach- Activité Liquéfaction, Raffinage et Pétrochimie, « Manuel Interne d'Organisation : Décision de mise en application du « Système I » », document interne, approuvé par le Vice-président A.Fettouhi. Alger, 2018.

[3] Dr HARRATS Charef, « Formation Atmosphères Explosives – Niveau 1 ».

[4] Dr. TIRES Hachemi, « cours risque incendie »,2023.

[5] INRS, « Formation ATEX – Atmosphères explosives », support de formation, décembre 2016.

[6] Bouzada Bouhafs M, Benainouna A «les atmosphères explosives (les zones ATEX) » Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de MASTER, IMSI 2023

[7] Union européenne, « Directive 1999/92/CE », 1999

[8] Dr HARRATS Charef, « Formation Atmosphères Explosives – Niveau 2 ».

[9] Ministère de l'Énergie, Autorité de Régulation des Hydrocarbures (ARH), « Instruction n°6 relative à la maîtrise du risque d'atmosphères explosives (ATEX) », 31 janvier 2017.

[10] IEC 60079-1. Atmosphères explosives – Partie 1 : Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes « Ex d ».Genève : IEC, 2014.

[11] INERIS. « ISM-ATEX Niveau 2 – Formation sur les atmosphères explosives ». France : INERIS, 2022.

[12] SAQR-ATEX. « Référentiel de certification des ateliers de réparation d'appareils utilisables en atmosphères explosives (ATEX) », version 10.0, avril 2023.

[13] IEC 60079-7. « Atmosphères explosives – Partie 7 : Protection du matériel par sécurité augmentée « Ex e » ». Genève : IEC, 2017.

[14] IEC 60079-2. » Atmosphères explosives – Partie 2 : Protection du matériel par enveloppe à surpression « Ex p » ». Genève : IEC, 2014.

[15] IEC 60079-11. « Atmosphères explosives – Partie 11 : Protection du matériel par sécurité intrinsèque « Ex i » ». Genève : IEC, 2011.

[16] IEC 60079-6. « Atmosphères explosives – Partie 6 : Protection du matériel par immersion dans l'huile « Ex o » ». Genève : IEC, 2015.

[17] IEC 60079-18. « Atmosphères explosives – Partie 18 : Protection du matériel par encapsulage « Ex m » ». Genève : IEC, 2014.

[18] IEC 60079-5. « Atmosphères explosives – Partie 5 : Protection du matériel par

remplissage pulvérulent « Ex q » ». Genève : IEC, 2015.
[19] IEC 60079-31. « Atmosphères explosives – Partie 31 : Protection du matériel contre l'inflammation des poussières par enveloppe « Ex t » ». Genève : IEC, 2013.
[20] IEC 80079-37. « Atmosphères explosives – Partie 37 : Équipements non électriques destinés aux atmosphères explosives – Types de protection non électrique : sécurité de construction « c », contrôle de la source d'inflammation « b » et immersion dans un liquide « k » ». Genève : IEC, 2016.
[21] INERIS. « ISM-ATEX Niveau 01 – Formation relative aux équipements ATEX non Electriques ». France : INERIS, version 2022.
[22] IEC 60079-17. « Atmosphères explosives – Partie 17 :Inspection et entretient des installations électriques », Genève : IEC, 2013.
[23] SAIPEM, « Manuel opératoire Unité 15 et 16 (GNL-3Z Projet, Arzew-Algérie) », document interne, préparé par R.CROCI, approuvé par A.M.FARTOLINI ,15 décembre 2011.
[24] Google Earth, « Vue Satellite du l'unité de liquéfaction du complexe GL3/Z (Arzew, Algérie) », 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://earth.google.com .
[25] SAIPEM, « Hazardous Area Classification Drawing –Liquefaction Area (GNL-3Z Projet, Arzew-Algérie) », document interne, 19 novembre 2014.

Annexes

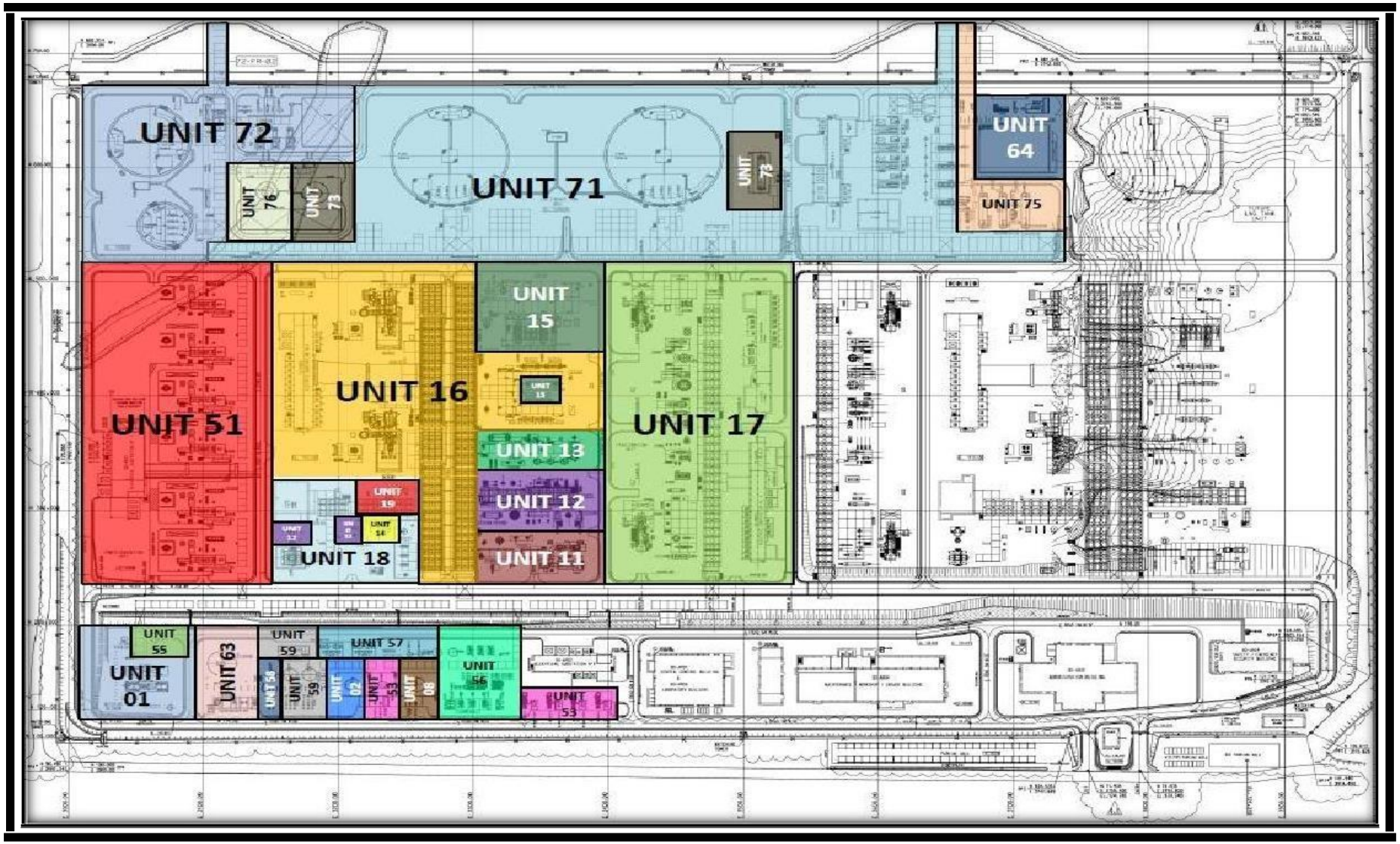


Figure A.1 : Localisation des unités de l'usine GL3/Z

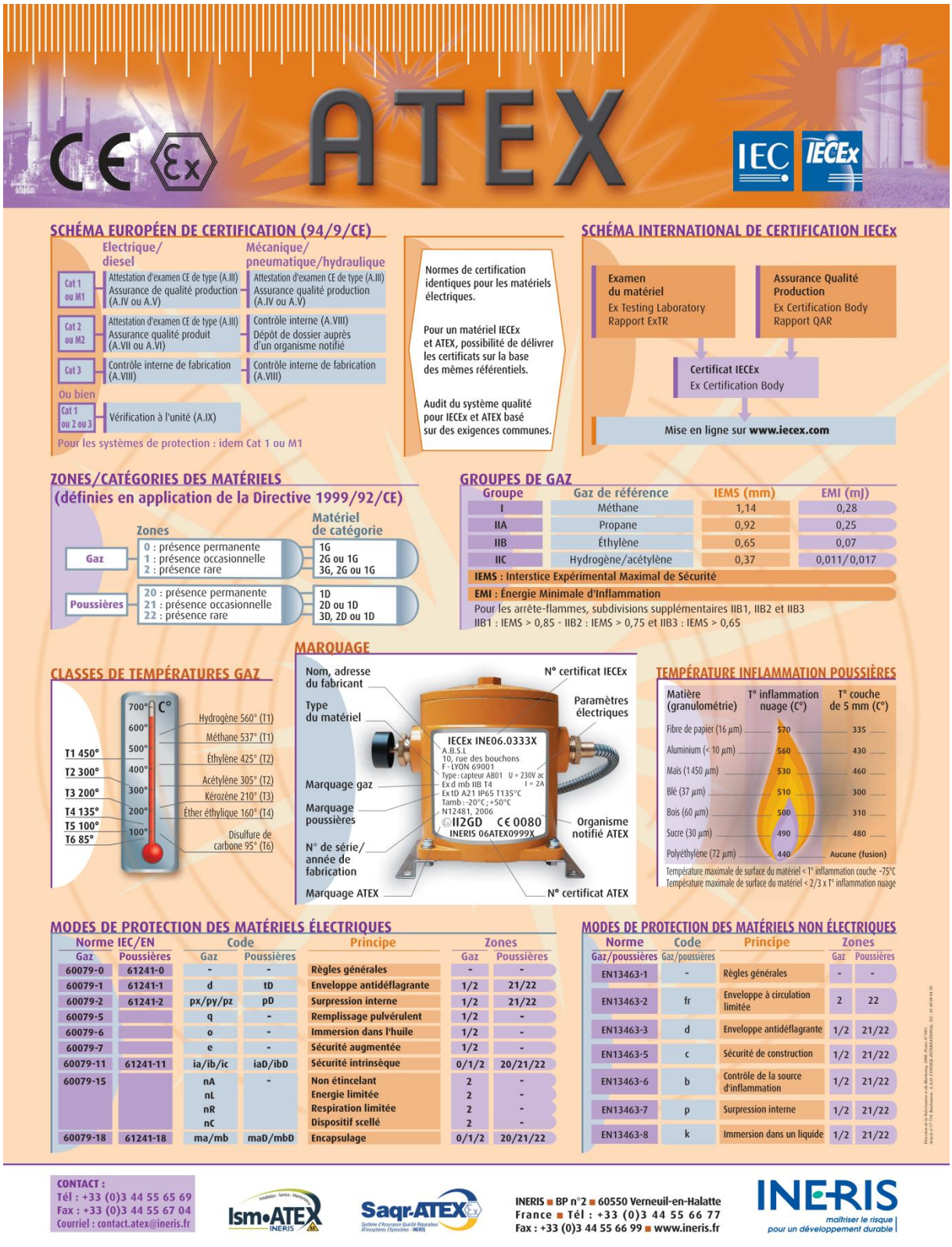


Figure A.2 : Le marquage ATEX

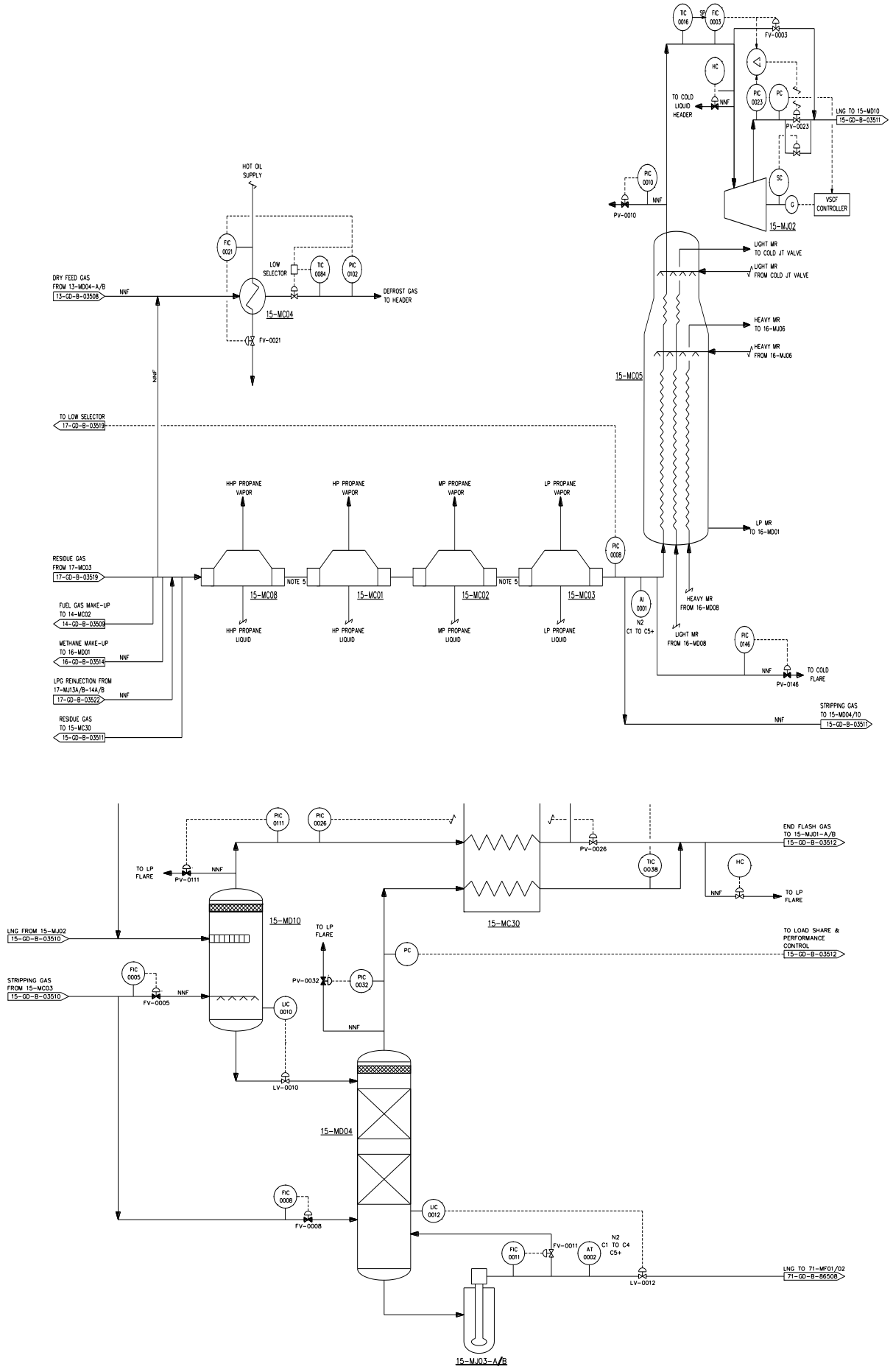


Figure A.3 : Circuit du gaz end flash au niveau l'unité 15

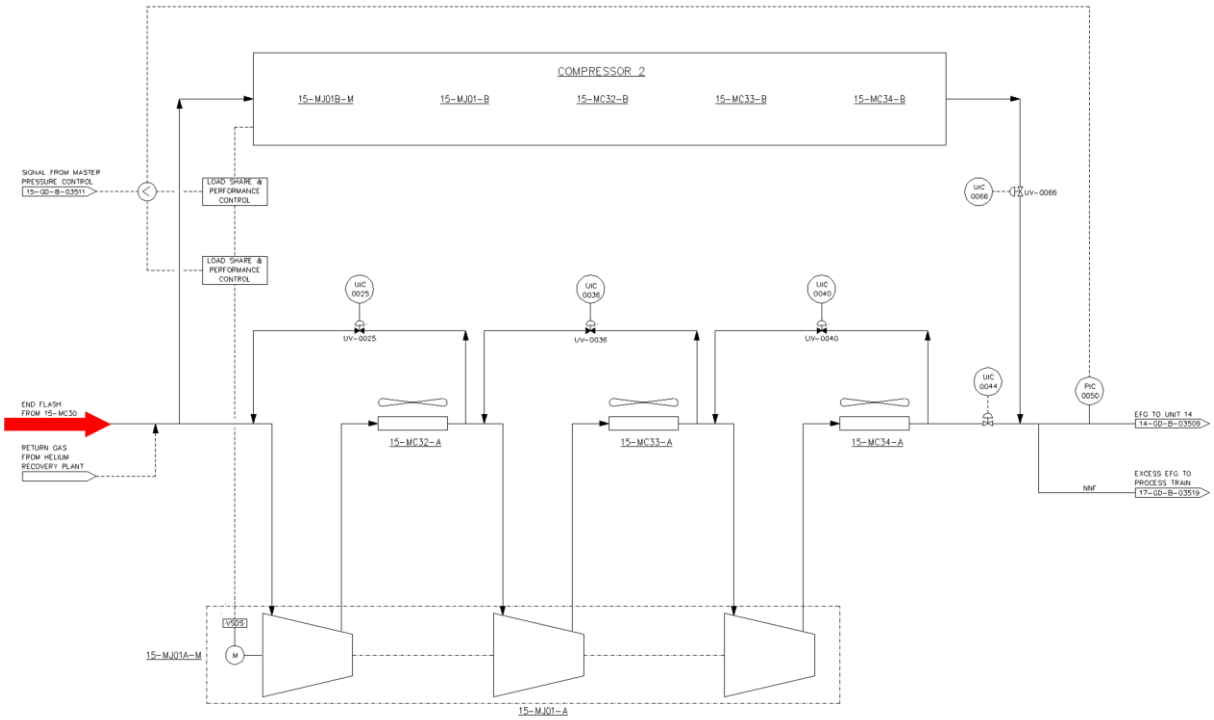


Figure A.4 : Circuit du gaz end flash au niveau l'unité 15

Atmosphères explosives – Partie 17 : Inspection et maintenance des installations électriques

La norme **CEI 60079-17** (ou **IEC 60079-17**, intitulée *"Atmosphères explosives – Partie 17 : Inspection et maintenance des installations électriques"*) est le texte réglementaire international de référence pour assurer la sécurité à long terme des équipements électriques en zone ATEX.

Elle encadre rigoureusement les obligations des exploitants pour éviter qu'une dégradation technique (corrosion, usure, serrage lâche) ne transforme un équipement certifié en source d'inflammation.

1. Les trois niveaux d'inspection ATEX

La norme définit précisément trois types d'inspections, exigeant chacune des compétences et des outils différents :

- **L'inspection Visuelle (Visual) :** Elle s'effectue à distance, à l'œil nu (ou avec des outils simples comme une lampe de poche ATEX), sans ouvrir les enveloppes. Elle permet de détecter les défauts évidents (ex. : presse-étoupe manquant, boîtier brisé, marquage illisible).
- **L'inspection De près (Close) :** Elle englobe l'inspection visuelle mais va plus loin en ouvrant certains capots ou en utilisant des outils d'accès (échelles) et des instruments simples (clés pour tester le serrage). Elle permet d'identifier des défauts non visibles de loin (ex. : vis de terre desserrée, boulons de chemins de câbles manquants).
- **L'inspection Détaillée (Detailed) :** C'est l'examen le plus poussé. Il implique l'ouverture complète des enveloppes étanches (comme les enveloppes antidéflagrantes **Ex d**), la mise hors tension, et l'utilisation d'appareils de mesure (ex. : cales d'épaisseur pour mesurer les interstices/flamepaths, mégohmmètre pour les tests d'isolement). Elle détecte les anomalies internes (ex. : corrosion interne, joints de protection dégradés).

2. Les types de périodicité (Intervalles)

La norme prévoit deux approches principales pour organiser le calendrier des vérifications :

- **Les inspections périodiques régulières :** Par défaut, l'intervalle

maximal entre deux inspections périodiques ne doit pas dépasser **3 ans**. Cet intervalle peut être réduit selon les conditions environnementales (milieu très corrosif, vibrations intenses, risques mécaniques élevés) ou l'historique des pannes.

- **La surveillance continue (Continuous Supervision) :** Si l'installation est confiée à du personnel qualifié, expérimenté et présent en permanence sur le site (qui effectue de la maintenance préventive au quotidien), les inspections périodiques lourdes peuvent être allégées ou espacées au profit d'un suivi continu documenté.

3. Principaux points de contrôle (Checklist type)

Lors de l'audit ou de la vérification sur le terrain (par exemple sur des moteurs **Ex e**, des luminaires **Ex d** ou des circuits de sécurité intrinsèque **Ex i**), la norme impose de valider plusieurs critères fondamentaux

1. **Adéquation du matériel :** Le marquage de l'équipement (groupe de gaz IIA/IIB/IIC, classe de température T1 à T6) correspond bien au classement de la zone ATEX.
2. **Intégrité des enveloppes :** Absence de fissures, de corrosion sévère ou de couches de peinture non autorisées sur les plans de joint (flamepaths).
3. **Raccordements et presse-étoupes :** Vérification du serrage des câbles et de l'étanchéité des entrées de câbles (pas de filetage forcé ou inadapté).
4. **Mise à la terre :** Continuité électrique parfaite de toutes les liaisons équipotentielles et des tresses de masse.

Éléments spécifiques : Présence des bouchons purgeurs/drains s'ils sont requis, et absence de modifications non autorisées par rapport au certificat d'origine.

Figure A.5 :la norme CEI 6079-17