

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDÈS

Faculté de Technologie

Département Génie des Procédés Industrielle

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en:

Domaine: Sciences et Technologie

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle (HSI)

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industrielle (HSI)

THEME

**Redimensionnement du réseau anti-incendie au niveau de centre
de traitement de brut (SONATRACH DP Gassi Touil) et
Simulation avec logiciel Pipe flow expert**

Présenté par : Monsieur TOUATI Imad Eddine

Encadré par : Mme Z. KEBBOUCHE

Devant le jury composé de :

- **Madame :** Rym SOUAM
- **Madame :** Saliha KORSO

Année universitaire : 2023/2024

Résumé en français :

Ce mémoire présente une étude de dimensionnement du réseau anti-incendie au centre de traitement de brut CP Gassi Touil de Sonatrach. L'objectif principal était d'assurer la protection des installations et des employés contre les risques d'incendie, en conformité avec les normes internationales. À travers ce travail, plusieurs étapes ont été abordées, incluant l'analyse des besoins, la modélisation du réseau, la sélection des équipements et la vérification de leur conformité.

Le stage au sein de Sonatrach m'a permis de consolider mes connaissances théoriques et de développer des compétences pratiques en hydraulique, mécanique des fluides et gestion des risques industriels. L'utilisation du logiciel Pipe Flow Expert a été cruciale pour réaliser des simulations hydrauliques précises et optimiser le dimensionnement du système de protection contre les incendies. Les résultats obtenus ont démontré l'efficacité du réseau conçu, capable de fournir une pression et un débit d'eau suffisants pour répondre aux exigences de sécurité de l'installation.

Les mots clés : réseau anti-incendie, dimensionnement, débit, diamètre, refroidissement

Abstract in English:

This thesis presents a study on the sizing of the fire protection network at the CP Gassi Touil crude oil treatment center of Sonatrach. The main objective was to ensure the protection of installations and employees against fire risks, in compliance with international standards. Throughout this work, several steps were addressed, including needs analysis, network modeling, equipment selection, and compliance verification.

The internship at Sonatrach allowed me to consolidate my theoretical knowledge and develop practical skills in hydraulics, fluid mechanics, and industrial risk management. The use of Pipe Flow Expert software was crucial in conducting accurate hydraulic simulations and optimizing the fire protection system's design. The results demonstrated the effectiveness of the designed network, capable of providing sufficient water pressure and flow to meet the installation's safety requirements.

ملخص باللغة العربية

يعرض هذا البحث دراسة لتصميم شبكة مكافحة الحرائق في مركز معالجة النفط الخام CP قاسي طويل التابع لسوناطراك. كان الهدف الرئيسي هو ضمان حماية المنشآت والموظفين من مخاطر الحرائق، بما يتماشى مع المعايير الدولية. من خلال هذا العمل، تم تناول عدة مراحل، بما في ذلك تحليل الاحتياجات، نمذجة الشبكة، اختيار المعدات والتحقق من توافقها.

أتاح لي التدريب في سوناطراك تعزيز معارفي النظرية وتطوير مهارات عملية في الهيدروليكا، ميكانيكا الموائع وإدارة المخاطر الصناعية. كان استخدام برنامج Pipe Flow Expert حاسماً لإجراء محاكاة هيدروليكية دقيقة وتحسين تصميم نظام الحماية من الحرائق. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية الشبكة المصممة، القادرة على توفير ضغط وتدفق مياه كافيين لتلبية متطلبات الأمان في المنشأة.

Dédicace :

Je dédie ce mémoire à mes parents, dont l'amour, le soutien et les encouragements inébranlables m'ont accompagné tout au long de ce parcours. Merci pour vos sacrifices et pour avoir toujours cru en moi.

À mes frères, qui m'ont inspiré par leur persévérance et leur sagesse. Vous avez été des modèles et des sources de motivation constante.

Merci à vous tous pour votre présence inestimable dans ma vie. Ce travail est le reflet de vos influences positives et de votre soutien infaillible.

Remercîment

Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant, dont la grâce et les bénédictions m'ont accompagné tout au long de ce parcours académique et professionnel.

Je remercie chaleureusement mes parents pour leur amour, leur soutien indéfectible et leurs nombreux sacrifices. Vous avez toujours cru en moi et m'avez encouragé à donner le meilleur de moi-même. À mes frères et ma sœur, merci pour votre inspiration, votre sagesse et votre soutien constant. Vous avez été des modèles et des sources de motivation tout au long de ce chemin.

Je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance à ma promotrice, Madame Zahia KEBBOUCHE, pour ses conseils avisés, son soutien constant et sa patience infinie. Votre expertise et vos encouragements ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire.

Un grand merci également à Monsieur Abdelkrim DAAS et Monsieur Amine DRIS, mes encadreurs au sein de l'entreprise, pour leur aide précieuse, leur encadrement et leur soutien tout au long de cette expérience professionnelle enrichissante. Votre implication et vos conseils ont été d'une grande valeur pour la réussite de ce projet.

Je tiens également à remercier chaleureusement mes cousins Saead et Ryadh pour leur soutien tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Votre aide et vos conseils ont été d'une grande valeur.

Merci à mes amis pour leur soutien, leur camaraderie et leurs encouragements. Vous avez rendu ce voyage plus agréable et supportable.

Enfin, je souhaite remercier chaleureusement toute la promotion HSI 2024 pour les moments partagés, la collaboration et l'entraide. Nous avons traversé cette étape ensemble et en sortons plus forts et plus unis.

À vous tous, un grand merci pour votre présence inestimable et votre soutien infaillible. Ce travail est le reflet de vos influences positives et de votre accompagnement précieux.

Table des matières

Dédicace :	II
Remerciement	III
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VII
Liste des abréviations	VIII
Problématique	IX
Introduction générale	IX
Chapitre 01 :Généralité sur le HSE	
1 Introduction	12
2 Histoire de la Santé, Sécurité et Environnement (HSE)	12
2.1 Histoire Générale de la HSE	12
2.2 Origines et Premières Régulations	12
3 Histoire de la Santé, Sécurité et Environnement (HSE) en Algérie (Ministère du Travail, 2024)	13
3.1 Période Coloniale et Indépendance	13
3.1.1 Période Coloniale (1830-1962)	13
3.1.2 Après l'Indépendance (1962)	14
3.2 Développement des Régulations HSE.....	14
3.3 Modernisation et Défis Actuels	15
4 Les définitions	16
5 Les normes et les standards internationaux	20
6 Gestion des risques	20
6.1 Définition et Importance de la Gestion des Risques Professionnels	20
6.2 Types de Risques Professionnels	21
6.3 Étapes de la Gestion des Risques Professionnels.....	21
7 Importance de la Gestion des Risques Incendie.....	22
7.1 Évaluation du Risque d'Incendie.....	22
7.2 Mesures de Prévention	22
7.3 Plan de Survie et Plan de Continuité d'Activités	22
7.4 Système de Sécurité Incendie (SSI)	22
7.5 Système de Détection Incendie (SDI)	23
8 Conclusion	23
Chapitre 02 :Généralité sur l'incendie	
1 Généralités l'incendies	25
1.1 Définition	25

1.2 Les conséquences d'un incendie	26
1.3 Toxicité des fumées et gaz	26
1.4 Effet de la chaleur et des flammes	26
1.5 Les 4 modes de propagation pour un incendie	27
2 Les mesures de prévention et protection	27
3 Les zones ATEX (atmosphère explosive)	28
3.1 Définition	28
3.2 Zonage et marquage des appareils ATEX	29
3.3 Principes de délimitation de zones (zonage)	29
3.4 Zones définies par la réglementation ATEX	30
3.5 Exemples de localisation de zones gaz/vapeurs	30
3.6 Adéquation des appareils à la zone ATEX : marquage réglementaire	31
4 Le réseau anti incendie	31
4.1 Définition	31
4.2 Les types de réseau anti incendie	32
4.3 Composition d'un réseau anti incendie	34
4.4 Conception et Installation	36
4.5 Calculs Hydrauliques et Dimensionnement	36
4.6 Plans d'Installation et de Maintenance	36
4.7 Fonctionnement et entretien	36
4.8 Maintenance Préventive et Corrective	37
4.9 Formation et Préparation du Personnel	37
5 Rôle des Réseaux Anti-Incendie dans la Sécurité Globale	37
6 Conclusion	37
Chapitre 3 :Calcul et dimensionnement du réseau anti-incendie	
1.Présentation de Sonatrach DP	40
2. Présentation de site gassi touil	40
3.L'organigramme de site	42
3.1. Division de sécurité industrielle	42
4.Organisation de la division sécurité industrielle	43
4.1 Service Prévention	43
4.2. Service Intervention	43
4.3. Cellule Environnement	43
5.Responsabilités HSE	44
6 Introduction sur le réseau anti incendie aux installations pétrolières	45

7	La fiche technique de stockage	45
8	La description de réseau anti incendie actuel	45
9	La description du projet	47
9.1	Les normes utilisées	48
9.2	Anomalies constatées au niveau du réseau actuel	49
10	Principe de détermination de débit d'eau Réglementaire	50
10.1	Scénario N°01 : Calcul des besoins en eau pour faire face au feu de cuvette du bac R22	50
10.1.1	Calcul du débit nécessaire de la mousse (Q mousse)	50
10.1.2	Calcul du débit d'eau nécessaire	51
10.1.3	Calcul de débit et volume d'émulseur nécessaire	51
10.1.4	Calcul du débit d'eau nécessaire pour le refroidissement des équipements adjacents	51
10.1.5	Calcul Q eau de refroidissement pour les bacs de stockage R21 et R23	52
10.1.6	Calcul Q totale d'eau	53
10.1.7	Configuration des pompes anti incendies (Pompes principale & pompes jockey)	53
10.2	Scénario 2 : feu de bac de stockage R22	54
10.2.1	Calcul des besoins en eau pour les chambres à mousse des bacs R21/22/23	54
10.2.2	Calcul des besoins en eau des bacs R1, R2, R3, R4 et R5	55
10.3	Calcul des besoins en eau pour le refroidissement des batteries (séparateurs)	58
11	Calcul et dimensionnement des conduites	60
12	Mise en place des dispositifs générateurs de mousse « chambre a mousse » pour chaque bac	67
12.1	Mise en place des pulvérisateurs à eau	68
12.2	Mise en place des déversoirs à mousse dans les cuvettes de rétention	70
12.3	Mise en place des accessoires du réseau incendie	70
	Comparaison entre le réseau actuel et mon réseau	71
	Conclusion	72
Chapitre 4 : Simulation avec logiciel Pipe Flow Expert		
1	Quelques logiciels de simulation	74
2	Pipe Flow Expert	74
2.1	Avantages de Pipe Flow Expert	75
2.2	Limites de Pipe Flow Expert	75
3	Modélisation du dimensionnement de notre réseau anti incendie avec le logiciel Pipe flow expert	75
4	Interprétation	78
5	Conclusion	78
	Conclusion générale	79
	Références	80

Liste des tableaux :

Tableau 1: matrice des criticités.....	19
Tableau 2 : classification des zones ATEX	30
Tableau 4 : Composition du parc de stockage du centre de production CP.....	45
Tableau 5 : les caractéristiques des pompes Anti-Incendie	46
Tableau 6 : les débits nécessaires en eau.	54
Tableau 7 : les débits d'eau nécessaire pour les batteries (séparateur).....	60
Tableau 8 : Diamètres des couronnes de refroidissement par équipement	67
Tableau 9 : Diamètres des conduites vers les chambres à mousse par équipement	67
Tableau 10 : Diamètres des conduites vers déversoirs à mousse par équipement.....	67
Tableau 11 : le nombre de chambre a mousse nécessaire.	68
Tableau 12 : tableau récapitulatif des résultats des calculs	71
Tableau 13 : tableau récapitulatif des diamètres des demi couronne de refroidissement	71
Tableau 14 : tableau de dimensionnement pour le réseau mousse	72
Tableau 15 : tableau de dimensionnement des conduites de refroidissement des séparateurs.....	72
Tableau 16 : les résultats de simulation de logiciel pipe flow expert	77

Liste des figures :

Figure 1 : schéma d'explication des liens entre l'aléa, l'enjeu et la vulnérabilité	17
Figure 2 : Triangle de feu.....	25
Figure 3 : les 4 modes de propagation pour un incendie.....	27
Figure 4 : Zonage ATEX	31
Figure 5 : les types de la mousse	33
Figure 6 : système à gaz anti incendie	34
Figure 7 : réservoir d'eau incendie	34
Figure 8 : pompe d'incendie	35
Figure 9 : vanne et dispositif de commande.....	35
Figure 10 : les différents détecteur et alarme de réseau anti incendie	36
Figure 11 : situation géographique de la région Gassi Touil.....	41
Figure 12 : l'organigramme du site	42
Figure 13 : L'organigramme de la division sécurité.....	44
Figure 14 : Plan du réseau incendie actuel	47
Figure 15 : les contours de radiation du feu de la cuvette R22	52
Figure 16 : schéma de l'emplacement des pulvérisateurs	69
Figure 17 : le schéma du réseau anti incendie simulé avec pipe flow	76

Liste des abréviations :

LII : la Limite Inférieure d'Inflammabilité

LSI : la Limite Supérieure d'Inflammabilité

ISO : International Organisation for Standardisation

R.I.A : Les Robinets d'Incendie Armés

S.S.I : Le Système de Sécurité Incendie

SONATRACH : Société Nationale pour la recherche, la production, le Transport, la transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures

HSE : Health Safety Environment

SSE : Santé Sécurité Environnement

EDD : Etude De Danger

PII : Plan d'Intervention Interne

INRS : l'Institut National de Recherche et de Sécurité

IA : l'Intelligence Artificielle

SDI : Système de Détection Incendie

ATEX : atmosphère explosive

CO2 : Dioxyde de carbone

NFPA : National Fire Protection Association

EN : les normes européennes

DP : Division de production

CP : Centre de production

GTL : Gassi Touil

Problématique :

Le décret exécutif n° 21-331 du 16 Moharram 1443 (25 août 2021) impose la mise en conformité des installations et équipements des hydrocarbures réalisés avant le décret n° 90-402 du 15 décembre 1990. Dans le contexte d'une usine de traitement de brut, cela inclut les réseaux anti-incendie, dont la conformité est cruciale pour assurer la sécurité des installations et protéger l'environnement.

L'objet de cette étude est de procéder à une évaluation approfondie des anomalies constatées au réseau anti-incendie actuel, en vise également à proposer des solutions et des recommandations pour remédier à ces anomalies, en garantissant une protection efficace contre les incendies, en réduisant les risques pour le personnel et les infrastructures, et en assurant la conformité aux normes réglementaires en vigueur, il s'agira dans ce cas d'un redimensionnement du réseau anti incendie déjà existant sur site.

Comment identifier et remédier efficacement aux anomalies des réseaux anti-incendie dans une usine de traitement de brut afin de garantir la sécurité des installations, la protection de l'environnement et la conformité aux normes réglementaires en vigueur ?

Introduction générale :

Le secteur de l'industrie pétrolière est l'un des piliers économiques mondiaux, mais il est également associé à des risques significatifs, notamment les risques d'incendie. La protection contre les incendies dans les centres de traitement de brut est donc une priorité absolue pour garantir la sécurité des travailleurs, protéger l'environnement, et préserver les infrastructures critiques.

Les accidents industriels peuvent survenir et entraîner des conséquences graves pour le personnel, la population, les biens et l'environnement. Ils peuvent donc se transformer en véritables catastrophes, même si les progrès technologiques dans tous les domaines permettent d'en atténuer les effets.

L'Algérie a connu ces dernières années une série d'événements douloureux révélant l'ampleur des risques liés au secteur des hydrocarbures. Par exemple, l'explosion du complexe pétrochimique de Skikda en janvier 2004 a causé 23 décès et 74 blessés ; l'accident du puits Nezla en septembre 2006 sur la plateforme de forage à Gassi Touil (Hassi Messaoud) a entraîné la mort de 9 personnes, en a blessé 78 autres et a entraîné la perte d'un appareil de forage d'un coût de 4 millions de dollars ; en août 2008, deux explosions suivies d'incendies sur le gazoduc à Relizane ont causé des blessures et des dommages matériels aux riverains.

Ce mémoire sera consacré au dimensionnement du réseau anti-incendie dans le centre de traitement de brut CP Gassi Touil, notant que le dimensionnement du réseau anti incendie est un aspect essentiel pour minimiser les risques d'incidents majeurs.

La structure de ce mémoire est organisée en quatre chapitres principaux. Le premier chapitre fournit des généralités sur la Santé, la Sécurité et l'Environnement (HSE) dans le contexte industriel, en mettant en évidence les normes et les pratiques en vigueur pour assurer un environnement de travail sûr et conforme aux réglementations et inclut aussi la gestion des risques industrielles et les risque d'incendie. Ce chapitre établit le cadre théorique nécessaire pour comprendre l'importance de la gestion HSE dans les installations industrielles.

Le deuxième chapitre est consacré aux généralités sur les incendies. Il explore les principes de base de la combustion, les différentes causes d'incendies dans les installations pétrolières, ainsi que les techniques de prévention et de lutte contre les incendies. Cette section vise à fournir une compréhension approfondie des risques d'incendie spécifiques aux centres de traitement de brut et des stratégies de prévention efficaces.

Dans le troisième chapitre de ce mémoire, une attention particulière sera accordée à l'évaluation des besoins en eau pour l'extinction des incendies. Cette évaluation prendra en compte la taille de l'installation, la nature des matériaux présents, ainsi que les risques spécifiques associés. Des calculs hydrauliques précis seront réalisés pour déterminer le débit d'eau nécessaire et la pression requise dans chaque zone de l'installation, garantissant ainsi une réponse efficace en cas d'incendie. De plus, l'emplacement et la distance entre les équipements anti-incendie, tels que les sprinklers, les poteaux d'incendie et les manomètres de pression, seront soigneusement étudiés pour assurer une couverture optimale de l'ensemble de l'installation. Ce chapitre vise à élaborer une stratégie robuste et bien informée pour la gestion des incendies, contribuant ainsi à la sécurité globale du site.

Enfin, le quatrième chapitre présente la simulation des résultats à l'aide du logiciel Pipe Flow Expert. Cette section illustre comment les données théoriques et les calculs du chapitre précédent sont appliqués dans un outil de simulation pour vérifier la performance du réseau anti-incendie sous différentes conditions opérationnelles. Les simulations permettent de visualiser le comportement du réseau, d'identifier les points faibles potentiels, et de valider les choix de conception.

Ce mémoire a pour objectif de fournir une approche méthodique et complète pour le dimensionnement des réseaux anti-incendie dans les centres de traitement de brut, combinant des aspects théoriques et pratiques. En fin de compte, il vise à contribuer à l'amélioration de la sécurité et de la résilience des installations industrielles face aux risques d'incendie.

Chapitre 01 :
Généralités sur le HSE

1 Introduction :

La gestion de la santé, de la sécurité et de l'environnement (HSE) est devenue un pilier essentiel dans le développement durable des sociétés modernes. Originellement centrée sur la protection des travailleurs, la notion de HSE a évolué pour englober des pratiques visant à préserver à la fois la santé humaine et l'intégrité de l'environnement face aux impacts des activités industrielles et économiques. Cette évolution est marquée par une série de réglementations, de normes internationales et d'initiatives locales, reflétant une prise de conscience croissante des risques associés aux conditions de travail dangereuses et aux pollutions environnementales. En Algérie, le cadre juridique relatif à la HSE s'est progressivement renforcé depuis l'indépendance, avec des lois et des décrets spécifiques, tels que la loi n° 88-07 sur l'hygiène, la sécurité et la médecine du travail, et le décret n° 06-198 sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Ces réglementations s'inscrivent dans un contexte global influencé par des normes internationales comme l'ISO 14001 et l'ISO 45001, qui guident les entreprises vers une gestion plus responsable des risques. Ce chapitre propose de retracer l'évolution de la HSE à travers l'histoire, en mettant en lumière les principales étapes de son développement, les cadres réglementaires clés et les défis actuels auxquels elle fait face, tant au niveau international qu'en Algérie.

2 Histoire de la Santé, Sécurité et Environnement (HSE) :

2.1 Histoire Générale de la HSE :

L'histoire de la santé, sécurité et environnement (HSE) est une chronologie de la prise de conscience et de l'évolution des pratiques visant à protéger les travailleurs, le public et l'environnement. Voici une synthèse des principales étapes de cette évolution :

2.2 Origines et Premières Régulations

Antiquité et Moyen Âge : Les premières préoccupations concernant la sécurité au travail remontent à l'Antiquité. Des textes d'Hippocrate décrivent les maladies des mineurs et des métallurgistes. Au Moyen Âge, des guildes et des corporations mettent en place des règles pour protéger leurs membres.

Révolution Industrielle (XVIIIe - XIXe siècles) : Avec l'industrialisation, les conditions de travail se dégradent, entraînant de nombreux accidents et maladies professionnelles. En Grande-Bretagne, le "Factory Act" de 1833 réglemente les heures de travail des enfants et introduit des inspecteurs des usines.

- **XXe Siècle : Émergence et Consolidation**

Début du XXe siècle : Des législations spécifiques à la sécurité au travail se développent. En France, la loi du 9 avril 1898 instaure la responsabilité des employeurs en cas d'accident du travail.

Chapitre 1 : Généralité sur HSE

Années 1950-1970 : Après la Seconde Guerre mondiale, une prise de conscience accrue des risques professionnels conduit à la création d'institutions dédiées à la sécurité au travail, comme l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) en France en 1947.

Années 1980-1990 : La notion de HSE s'élargit pour inclure l'environnement. Des catastrophes comme celle de Bhopal (1984) et de Tchernobyl (1986) accentuent cette prise de conscience.

- **XXIe Siècle : Globalisation et Intégration**

Normes Internationales : Les normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) deviennent des références mondiales. L'ISO 14001 pour la gestion environnementale et l'ISO 45001 pour la gestion de la santé et de la sécurité au travail sont largement adoptées.

Développement Durable : Les entreprises intègrent les principes du développement durable dans leurs politiques HSE, mettant l'accent sur la prévention des risques, la protection de l'environnement, et la responsabilité sociale.

Technologie et Innovation : Les avancées technologiques, telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et les mégadonnées (Big Data), permettent une gestion plus efficace et proactive des risques HSE.

3 Histoire de la Santé, Sécurité et Environnement (HSE) en Algérie (Ministère du Travail, 2024)

L'histoire de la santé, sécurité et environnement (HSE) en Algérie reflète une évolution significative des réglementations et des pratiques visant à protéger les travailleurs, le public et l'environnement. Influencée par des contextes socio-économiques et politiques spécifiques, l'Algérie a progressivement adopté des lois et des décrets pour encadrer et améliorer les conditions de travail et la protection environnementale.

3.1 Période Coloniale et Indépendance

3.1.1 Période Coloniale (1830-1962) :

Pendant la période coloniale, les conditions de travail des Algériens étaient souvent précaires, avec peu de réglementations protectrices. Les travailleurs, notamment dans les secteurs agricoles et miniers, étaient exposés à de nombreux risques sans protection adéquate.

3.1.2 Après l'Indépendance (1962) :

L'Algérie entreprend de construire ses propres institutions et législations pour améliorer les conditions de travail et protéger les travailleurs. Les premières initiatives en matière de HSE sont influencées par la nécessité de reconstruire et de moderniser le pays.

3.2 Développement des Régulations HSE (Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire)

- **Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine du travail :**

Description : Cette loi constitue la base juridique principale en matière de sécurité et de santé au travail en Algérie. Elle établit les obligations des employeurs en matière de prévention des risques professionnels, de protection de la santé des travailleurs et d'organisation de la médecine du travail.

Contenu :

1. Création de comités de sécurité et d'hygiène au sein des entreprises.
2. Mise en place de services de médecine du travail.
3. Obligation pour les employeurs de prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir les accidents du travail et les maladies professionnelles.

- **Loi n° 83-13 du 2 juillet 1983 portant code de la sécurité sociale :**

Description : Cette loi introduit des dispositions spécifiques concernant la sécurité sociale, y compris les aspects relatifs à la couverture des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Contenu :

1. Définition des prestations sociales en cas d'accident du travail ou de maladie professionnelle.
2. Mise en place de mesures de prévention au niveau des entreprises.
3. Obligation de déclaration des accidents du travail et des maladies professionnelles.

- **Décret exécutif n° 93-210 du 10 août 1993 fixant les règles générales d'hygiène et de sécurité applicables dans les établissements de travail :**

Description : Ce décret fixe les règles générales d'hygiène et de sécurité dans les lieux de travail pour prévenir les risques professionnels.

Contenu :

1. Obligations des employeurs en matière de sécurité et d'hygiène.
2. Normes relatives aux équipements de protection individuelle (EPI).

Chapitre 1 : Généralité sur HSE

3. Conditions d'aménagement des locaux de travail pour garantir la sécurité et la santé des travailleurs.
- **Décret exécutif n° 05-212 du 4 juin 2005 relatif à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable :**

Description : Ce décret met en place un cadre pour la prévention et la gestion des risques majeurs (naturels ou technologiques) et intègre les principes du développement durable.

Contenu :

1. Évaluation des risques majeurs et mise en place de plans de prévention.
 2. Coordination entre les différents acteurs (gouvernement, collectivités locales, entreprises) pour la gestion des catastrophes.
 3. Sensibilisation et formation des populations aux risques majeurs.
- **Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006 relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement :**

Description : Ce décret régit les installations industrielles qui présentent des risques pour l'environnement et la santé publique.

Contenu :

1. Classement des installations selon leur niveau de risque.
2. Procédures d'autorisation pour l'exploitation de ces installations.
3. Mise en place de mesures de prévention et de contrôle des pollutions et nuisances.

3.3 Modernisation et Défis Actuels

a. Années 2000 et au-delà :

L'Algérie modernise ses régulations et ses pratiques en matière de HSE pour se conformer aux normes internationales. Des lois et des décrets sont adoptés pour améliorer la sécurité des travailleurs et la protection de l'environnement.

Défis Environnementaux : La protection de l'environnement devient une priorité, notamment dans le contexte de l'industrie extractive. Les entreprises algériennes adoptent progressivement des normes telles que l'ISO 14001 et l'ISO 45001.

b. Formation et Sensibilisation :

Des efforts sont entrepris pour former et sensibiliser les travailleurs et les gestionnaires aux enjeux HSE, à travers des programmes de formation et des campagnes de sensibilisation.

4 Les définitions :

- **HSE :**

HSE est l'acronyme de Santé, Sécurité et Environnement (Health, Safety, Environment en anglais). Il représente un domaine d'activité ou une discipline axée sur la gestion et la promotion de la santé, de la sécurité et de la protection de l'environnement dans divers contextes, tels que les lieux de travail, les industries, les projets de construction, etc. L'HSE vise à prévenir les accidents, à réduire les risques pour la santé et la sécurité des personnes, et à minimiser l'impact négatif sur l'environnement en mettant en œuvre des politiques, des procédures et des pratiques appropriées. L'intégration des principes HSE dans les opérations et les activités est essentielle pour assurer la durabilité, la conformité réglementaire et la responsabilité sociale des organisations. (Goldman, 2011)

- **Sécurité :**

Un état où une personne ou un objet n'est exposé à aucun danger ni risque, en particulier en ce qui concerne les agressions physiques, les accidents, le vol ou la détérioration : Cette installation offre une protection complète.

- **Risque :**

Le risque est défini comme la combinaison de deux éléments :

- **L'aléa :**

L'événement redouté, incertain et potentiellement dommageable. Il peut s'agir d'un événement naturel (inondation, tremblement de terre, tempête...), d'un accident technologique (explosion, fuite de produits chimiques...), d'une défaillance humaine (erreur de manipulation, négligence...), etc.

- **L'enjeu :**

Ce qui pourrait être perdu ou endommagé en cas de survenance de l'aléa. Il peut s'agir de vies humaines, de biens matériels, de l'environnement, de la réputation d'une entreprise, etc.

En résumé, le risque est la possibilité qu'un événement redouté survienne et cause des dommages. (INE, 2024)

- **Vulnérabilité :**

L'origine du mot vient du latin "vulnerare", signifiant causer des blessures, des dommages, ou affecter négativement. La vulnérabilité désigne donc la qualité de ce qui est fragile, précaire, et susceptible d'être attaqué, blessé ou endommagé. Des termes synonymes incluent fragilité et précarité.

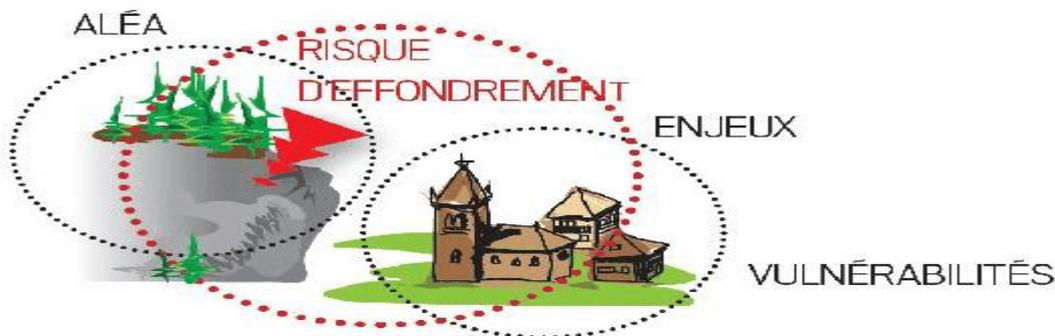


Figure 1 : schéma d'explication des liens entre l'aléa, l'enjeu et la vulnérabilité

- **Danger :**

Un danger est toute source potentielle de dommage, de préjudice ou d'effet nocif à l'égard d'une chose ou d'une personne. Fondamentalement, le danger peut entraîner un préjudice ou des effets nocifs pour les personnes. (CCHST , 2024)

- **Domage :**

Blessure physique ou atteinte à la santé. (ISO 12100-1)

- **Situation dangereuse :**

Situation dans laquelle une personne est exposée à au moins un phénomène dangereux. L'exposition peut entraîner un dommage, immédiatement ou à plus long terme. (ISO 12100-1)

- **Phénomène dangereux :**

Les phénomènes dangereux accidentels se manifestent par une libération soudaine d'énergie ou de substance, engendrant des conséquences potentiellement dommageables pour les individus ou les biens concernés. Leur occurrence est déterminée par leur probabilité, leur intensité et leur dynamique, notamment leur comportement cinétique. (INE, 2024)

- **Facteur de risque :**

Un facteur de risque est un élément susceptible de contribuer à l'apparition ou à la récurrence d'un cancer. Par exemple, la consommation de tabac est associée à un risque accru de développer des cancers tels que ceux du poumon, de la vessie ou du pancréas . (inc, 2024)

- **La gravité :**

La gravité peut être définie comme la mesure de l'importance, de la sévérité ou de l'impact d'un événement, d'une situation ou d'un problème sur les personnes, les biens, l'environnement ou d'autres éléments. Elle est souvent évaluée en fonction de la nature et de l'étendue des dommages, des conséquences ou des pertes qui résultent de cet événement ou de cette situation.

- **La probabilité (la fréquence) :**

La probabilité ou la fréquence peut être définie comme la mesure de la possibilité de qu'un événement donné se produise dans un certain laps de temps ou dans des circonstances spécifiques.

- **La prévention :**

La prévention peut être définie comme l'ensemble des mesures, des actions ou des stratégies mises en place pour éviter ou réduire la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable, d'un problème ou d'un risque, ainsi que pour atténuer ou limiter ses conséquences. (Last, 2001)

- **Intervention :**

L'intervention peut être définie comme l'action ou le processus de répondre de manière active, immédiate ou planifiée à une situation problématique, à un événement indésirable ou à un risque identifié. Elle implique souvent l'engagement direct et la mise en œuvre de mesures, de stratégies ou de ressources pour atténuer, gérer ou résoudre un problème spécifique. Les interventions peuvent varier en fonction de la nature et de la gravité de la situation, ainsi que des objectifs visés.

- **L'accident de travail :**

Un accident de travail est défini comme un événement affectant, dans les locaux de votre entreprise, une personne salariée ou toute autre personne s'y trouvant pour des raisons professionnelles. Pour que l'accident du travail soit reconnu, vous devez justifier des deux conditions suivantes :

- Vous avez été victime d'un fait accidentel (soudain et imprévu) dans le cadre de votre travail.
- L'accident vous a causé un dommage physique et/ou psychologique. (Yvon Pesqueux, 2011)

- **Incident :**

Un **incident** est un **événement mineur**, généralement fâcheux, qui survient dans le déroulement d'une action, d'une entreprise ou d'une affaire. Il peut perturber le déroulement normal de la situation. Par exemple, un **incident technique** peut interrompre une émission de télévision.

- **Maladie professionnelle :**

Une **maladie professionnelle** est une affection liée à l'exposition plus ou moins prolongée à un risque physique, chimique ou biologique lors de l'exercice habituel de votre profession. (INE, 2024)

- **La criticité :**

La criticité est un concept fondamental en gestion des risques, maintenance industrielle et sûreté des installations, désignant l'importance ou l'impact potentiel d'un élément, d'une activité ou d'une situation. Elle se mesure en termes de probabilité de survenue et de gravité des conséquences associées. La criticité est souvent représentée à l'aide d'une matrice, où la probabilité de survenue d'un événement est croisée avec la gravité de ses conséquences pour identifier et prioriser les actions nécessaires. En gérant la criticité, les entreprises peuvent allouer efficacement les ressources pour atténuer les risques, planifier des interventions de maintenance et assurer la sécurité des opérations. (Management, 2018)

- **Matrice des criticités :**

Pour évaluer et visualiser la criticité, on utilise souvent une matrice de criticité, qui croise la probabilité de survenue avec la gravité des conséquences. Les événements ou éléments se situant dans les zones de haute criticité nécessitent une attention et des actions prioritaires. (Management, 2018)

Tableau 1: matrice des criticités

Gravité / Probabilité	Très Faible	Faible	Moyenne	Élevée	Très Élevée
Très Élevée	Modérée	Importante	Critique	Critique	Catastrophique
Élevée	Mineure	Modérée	Importante	Critique	Critique
Moyenne	Négligeable	Mineure	Modérée	Importante	Critique
Faible	Négligeable	Négligeable	Mineure	Modérée	Importante
Très Faible	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Mineure	Modérée

- **PII (plan d'intervention interne) :**

Un plan d'intervention interne (PII) est un document stratégique élaboré par une organisation pour définir les procédures et les actions à entreprendre en cas d'incident ou d'urgence interne. Ce plan vise à assurer la sécurité des employés, à minimiser les dommages matériels, et à garantir une reprise rapide et efficace des

Chapitre 1 : Généralité sur HSE

activités normales. Un PII inclut généralement l'identification des risques potentiels, la description des ressources disponibles, les rôles et responsabilités des membres du personnel, et les protocoles de communication et de coordination pendant l'intervention. (INRS, institut national de recherche et de sécurité , s.d.)

- **Les installations classées :**

Les installations classées sont des installations industrielles ou agricoles soumises à une réglementation spécifique en raison des risques qu'elles présentent pour l'environnement, la santé et la sécurité publique. En Algérie, par exemple, ces installations sont régies par la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Cette classification implique des obligations particulières pour les exploitants, telles que l'obtention d'autorisations préalables, le respect de normes strictes et la mise en place de mesures de prévention et de contrôle des risques. Les installations sont classées en différentes catégories en fonction de leur potentiel de nuisance ou de danger, et elles sont soumises à des contrôles réguliers par les autorités compétentes.

5 Les normes et les standards internationaux :

- **Normes Internationales :** Les normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) deviennent des références mondiales. L'ISO 14001 pour la gestion environnementale et l'ISO 45001 pour la gestion de la santé et de la sécurité au travail sont largement adoptées.
- **ISO 14001 :** Publiée en 1996, l'ISO 14001 établit les critères pour un système de management environnemental efficace. Elle aide les organisations à améliorer leurs performances environnementales et à se conformer aux exigences légales.
- **ISO 45001 :** Publiée en 2018, l'ISO 45001 fournit un cadre pour améliorer la sécurité des employés, réduire les risques sur le lieu de travail et créer des conditions de travail plus sûres.
- **NFPA :** National Fire Protection Association est un organisme américain consacré à l'élimination des décès, des blessures, des pertes de bien et économiques dus aux incendie ainsi qu'aux risques électriques et aux risques connexes

6 Gestion des risques :

6.1 Définition et Importance de la Gestion des Risques Professionnels

La gestion des risques professionnels est un ensemble de mesures destinées à identifier, à évaluer et à gérer les risques qui peuvent affecter une entreprise. Elle vise à réduire les pertes financières et les conséquences négatives sur l'image de la marque. Les entreprises doivent prendre en compte les risques professionnels

pour maintenir leur compétitivité et leur viabilité à long terme. (INRS, institut national de recherche et de sécurité , s.d.)

6.2 Types de Risques Professionnels

Les risques professionnels peuvent être classés en plusieurs catégories :

1. **Risques opérationnels** : Ils sont liés aux activités courantes de l'entreprise, tels que les erreurs de production, les problèmes de logistique, les pannes informatiques, etc.
2. **Risques financiers** : Ils sont liés aux activités financières de l'entreprise, tels que les pertes sur les marchés, les défauts de paiement, les fluctuations des taux de change, etc.
3. **Risques stratégiques** : Ils sont liés aux décisions stratégiques de l'entreprise, tels que les choix de produits, les entrées sur de nouveaux marchés, les acquisitions, etc.
4. **Risques environnementaux** : Ils sont liés à l'environnement et aux impacts de l'entreprise sur l'environnement, tels que les émissions de gaz à effet de serre, les déchets, les pollutions, etc.
5. **Risques de santé et de sécurité** : Ils sont liés à la santé et à la sécurité des employés, tels que les accidents du travail, les maladies professionnelles, etc.

6.3 Étapes de la Gestion des Risques Professionnels

La gestion des risques professionnels implique plusieurs étapes :

1. **Identification des risques** : Les risques doivent être identifiés et définis pour être gérés efficacement.
2. **Évaluation des risques** : Les risques doivent être évalués en fonction de leur probabilité et de leur impact pour déterminer leur priorité.
3. **Mise en place de mesures de prévention** : Les mesures de prévention doivent être mises en place pour réduire les risques identifiés.
4. **Mise en place de mesures de gestion** : Les mesures de gestion doivent être mises en place pour gérer les risques qui ne peuvent pas être évités.
5. **Suivi et évaluation** : Les risques doivent être suivis et évalués régulièrement pour ajuster les mesures de prévention et de gestion.

4. Stratégies de Gestion des Risques Professionnels

Voici quelques stratégies de gestion des risques professionnels :

1. **Diversification** : La diversification des activités et des marchés peut réduire les risques financiers.
2. **Sécurisation** : La sécurisation des actifs et des dettes peut réduire les risques financiers.
3. **Assurance** : L'assurance peut couvrir les pertes financières et les conséquences négatives sur l'image de la marque.
4. **Gestion des stocks** : La gestion des stocks peut réduire les risques opérationnels.
5. **Formation et sensibilisation** : La formation et la sensibilisation des employés peuvent réduire les risques de santé et de sécurité.

7 Importance de la Gestion des Risques Incendie

La gestion des risques incendie est une responsabilité fondamentale de chaque employeur. Un incendie grave peut entraîner la mort de nombreuses personnes et détruire une entreprise. La gestion efficace des incendies est un processus qui se réalise par étapes. Ces étapes sont logiques et de simples petites mesures peuvent déjà réduire efficacement les risques. Une coopération étroite entre les travailleurs, les employeurs et les gouvernements reste essentielle pour réussir une prévention et un contrôle efficace des incendies sur le lieu de travail.

7.1 Évaluation du Risque d'Incendie

L'évaluation du risque incendie passe par l'identification des situations où les trois éléments du triangle du feu sont réunis (combustible, comburant et source d'inflammation). La présence de produits combustibles est souvent à l'origine d'un incendie. Il est donc essentiel d'établir la liste des produits présents, de déterminer leur état physique, de connaître leurs caractéristiques physico-chimiques et de recenser leurs conditions d'utilisation et de stockage.

7.2 Mesures de Prévention

La prévention du risque d'incendie s'inscrit dans la démarche globale de prévention des risques professionnels. Elle consiste à supprimer les causes de déclenchement d'un incendie en mettant en place des mesures à la fois techniques et organisationnelles. Les mesures de prévention doivent être coordonnées avec l'assureur pour la mise en place d'un plan de suivi et de continuité d'activités.

7.3 Plan de Survie et Plan de Continuité d'Activités

L'élaboration d'un plan de survie, en amont d'un sinistre, doit permettre à l'entreprise d'en réduire les conséquences et de pouvoir continuer à exister. Ce plan doit anticiper les questions qui peuvent s'imposer brutalement après un incendie, telles que la communication et la gestion des dégâts liés au sinistre.

7.4 Système de Sécurité Incendie (SSI)

Le système de sécurité incendie (SSI) doit être conçu dès la conception d'une entreprise ou d'un bâtiment. Il est constitué de l'ensemble des éléments servant à collecter les informations ou tous les ordres liés à la

seule sécurité incendie, à les traiter et à effectuer les fonctions nécessaires à la mise en sécurité d'un bâtiment ou d'un établissement en cas d'incendie. Le SSI se compose notamment d'un système de détection incendie (SDI) et d'un système de mise en sécurité incendie (SMSI).

7.5 Système de Détection Incendie (SDI)

Le système de détection incendie (SDI) a pour objet de détecter et de signaler à tout instant un début d'incendie. Il comporte notamment les détecteurs automatiques et les déclencheurs manuels. Le choix de l'emplacement des détecteurs dépend de la hauteur du local, de la localisation et de la configuration du plafond, du sens des courants d'air, et de la présence de pollutions.

8 Conclusion

La gestion des risques incendie est un processus complexe qui nécessite une coopération étroite entre les travailleurs, les employeurs et les gouvernements. Les entreprises doivent mettre en place des mesures de prévention et de sécurité pour minimiser les pertes financières et les conséquences négatives sur l'image de la marque.

Chapitre 02 :
Généralités sur l'incendie

1 Généralités l'incendies :

Introduction :

Les incendies sont un phénomène complexe qui peut avoir des conséquences désastreuses. Voici une introduction générale sur les incendies :

Les incendies peuvent naître et se développer pour diverses raisons. Ils se caractérisent par la combustion rapide et incontrôlée de matériaux inflammables, dégageant ainsi de la chaleur et de la fumée. Le développement d'un incendie dépend de plusieurs facteurs tels que la nature des matériaux, la ventilation, et la présence d'une source d'ignition.

Les incendies peuvent avoir de multiples causes, notamment des défauts électriques, des négligences, ou des actes volontaires. Ils représentent un risque important pour la sécurité des personnes et des biens, et nécessitent donc des mesures de prévention et de protection adaptées.

L'étude des incendies, de leurs causes et de leur propagation, est essentielle pour mieux les comprendre et développer des stratégies efficaces de lutte contre ce phénomène dévastateur.

1.1 Définition :

L'incendie, contrairement au feu contrôlé, se caractérise par une combustion non maîtrisée qui se propage dans le temps et l'espace. Trois éléments sont essentiels à la combustion : un combustible, un comburant (l'oxygène de l'air) et une source d'inflammation. L'absence d'un seul de ces éléments empêche le déclenchement d'un incendie.

Dans les lieux de travail, l'oxygène est omniprésent et les combustibles fréquents. Par conséquent, la présence de sources d'inflammation représente un risque permanent d'incendie.

La présence de combustible alimente la propagation rapide d'un incendie, car 90% de l'énergie libérée par la combustion est utilisée pour alimenter le feu et étendre sa portée. (INE, 2024)

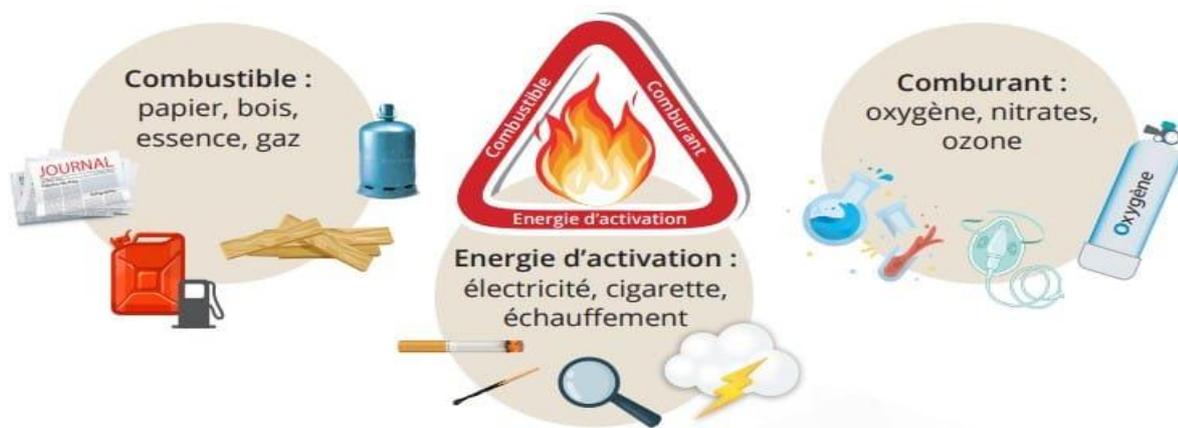


Figure 2 : Triangle de feu

1.2 Les conséquences d'un incendie :

Les principaux effets de l'incendie sont liés non seulement à la chaleur et aux flammes, mais aussi aux fumées et aux gaz.

Bien que le nombre de victimes directes (décès, brûlures, intoxications) d'incendies en milieu professionnel soit relativement faible, les dégâts matériels restent considérables. La destruction de bâtiments et de biens représente un coût important. De plus, les incendies ont un impact environnemental significatif, notamment en termes de pollution de l'air, des sols et des cours d'eau, causée par les fumées et les eaux d'extinction.

1.3 Toxicité des fumées et gaz :

La première cause de décès lors des incendies est due aux fumées. Elle est liée à :

- a) **L'asphyxie par manque d'oxygène :** L'air ambiant contient une concentration d'oxygène de 21%. Cependant, lors d'un incendie, cette concentration chute rapidement.
- b) **La toxicité des produits de combustion :** Le monoxyde de carbone (CO), un gaz inodore et indétectable, est le principal toxique produit en grande quantité lors de la combustion de matériaux. La présence de matières plastiques peut amplifier la toxicité des fumées, les rendant corrosives et nocives.

L'opacité des fumées est un obstacle majeur à l'évacuation des personnes et à l'intervention des secours, accentuant ainsi les dangers d'un incendie.

1.4 Effet de la chaleur et des flammes :

Le risque thermique, lié aux flammes atteignant 600 à 1200°C, est principalement responsable des brûlures. De plus, l'intensité lumineuse des flammes représente un danger pour la vue.

1.5 Les 4 modes de propagation pour un incendie :

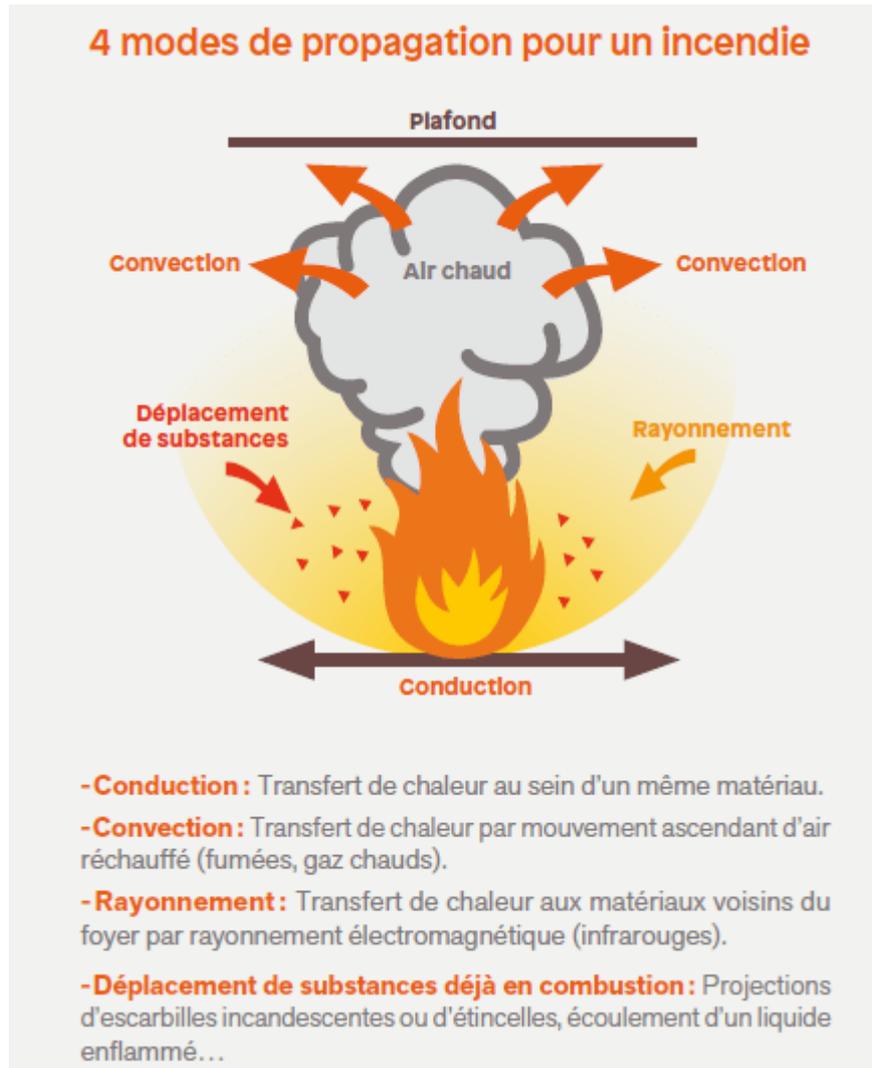


Figure 3 : les 4 modes de propagation pour un incendie

2 Les mesures de prévention et protection :

La prévention incendie cherche d'abord à supprimer les causes de déclenchement et de propagation d'un incendie (action sur les sommets du triangle du feu), puis à assurer la sécurité des personnes en garantissant leur évacuation en toute sécurité et en favorisant l'intervention des secours.

Agir sur les combustibles :

Voici quelques mesures pour minimiser les risques liés aux combustibles:

- Choix des matériaux: Privilégier les matériaux incombustibles ou ayant une faible inflammabilité.
- Gestion des quantités: Limiter la quantité de matériaux combustibles présents sur les postes de travail et dans les ateliers.
- Confinement des zones à risque: Isoler les zones où des produits combustibles sont émis.

Chapitre 2 : Généralité sur les incendies

- Capture des émissions: Mettre en place des systèmes de captation des émissions de produits combustibles au plus près de leur source.
- Ventilation efficace: Assurer une ventilation mécanique adéquate des locaux, en particulier les zones de stockage, pour éviter l'accumulation de vapeurs inflammables.
- Gestion des déchets

Agir sur les comburants :

- **Contrôle des opérations:**

Limiter et encadrer strictement les opérations impliquant des produits comburants.

- **Réduction de l'oxygène:**

Diminuer la teneur en oxygène de l'air en utilisant un gaz inerte. Cette méthode, nécessitant une grande prudence, permet de limiter les risques d'incendie. Attention: L'utilisation de gaz inerte présente un risque d'asphyxie et doit être mise en œuvre avec des précautions strictes et des équipements de sécurité adaptés.

Agir sur les sources d'inflammation :

- Gestion de la chaleur: Refroidir ou isoler thermiquement les surfaces chaudes et les procédés générant de la chaleur afin de prévenir l'inflammation de matériaux combustibles.
- Travaux par points chauds: Mettre en place une procédure de permis de feu pour encadrer les travaux générant des points chauds (soudure, meulage...).
- Conformité électrique: S'assurer que les matériels et installations électriques sont conformes aux normes d'installation en vigueur, comme la norme NF C 15-100 pour la basse tension.
- Maintenance électrique: Réaliser un entretien et un contrôle réguliers des installations électriques afin de détecter et corriger les points chauds potentiels. Utiliser des outils de diagnostic comme la thermographie infrarouge.
- Adaptation aux zones à risque: Choisir des appareils électriques et non électriques adaptés aux zones à risque d'explosion, le cas échéant, pour éviter les étincelles ou les surfaces chaudes.

3 Les zones ATEX (atmosphère explosive) :

3.1 Définition :

Dans un environnement ATEX, où le risque d'explosion est élevé en raison de la présence de combustibles, diverses conditions doivent être réunies pour qu'une explosion se produise :

- Il doit y avoir un comburant, généralement l'oxygène de l'air.
- Un combustible doit être présent, tel que le propane, l'hydrogène, le charbon, la farine de blé, etc.

Chapitre 2 : Généralité sur les incendies

- Une source d'inflammation est nécessaire, comme une étincelle, de l'électricité statique ou une chaleur intense.
- Le combustible doit être dans un état particulier, sous forme de gaz, de poussière ou de brouillard.
- Le mélange de comburant et de combustible doit être dans une plage d'explosivité adéquate, ni trop pauvre ni trop riche en combustible.
- L'espace doit être confiné, favorisant ainsi la concentration des éléments nécessaires à l'explosion.

Ces conditions cumulatives rendent la prévention des explosions dans les environnements ATEX d'une importance capitale sur les sites industriels et les chantiers. (INRS, 2022)

3.2 Zonage et marquage des appareils ATEX :

Pour garantir la sécurité de son lieu de travail, l'employeur a l'obligation d'identifier les zones présentant un risque d'atmosphère explosive. Ce zonage est essentiel car il permet de choisir des équipements adaptés au niveau de risque de chaque zone, qu'ils soient électriques ou non. L'objectif est de s'assurer qu'aucun appareil ne puisse devenir une source d'inflammation. En complément, des mesures organisationnelles spécifiques doivent être mises en place pour minimiser les risques dans ces zones identifiées. (INRS, 2022)

3.3 Principes de délimitation de zones (zonage) :

Pour prévenir les risques d'explosion, il est crucial d'identifier et de délimiter les zones à risque, appelées "zones ATEX". Ce zonage consiste à évaluer la probabilité et la quantité potentielle d'atmosphère explosive dans chaque zone.

Ces zones sont ensuite classées en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une atmosphère explosive. Plus le risque est élevé, plus les mesures de sécurité seront strictes.

En mettant en place des mesures de prévention techniques et organisationnelles durables, il est possible de réduire la surface ou la dangerosité des zones ATEX.

Enfin, chaque zone ATEX doit être clairement signalée à l'aide d'un pictogramme réglementaire pour avertir les personnes présentes du danger potentiel. (INRS, 2022)

3.4 Zones définies par la réglementation ATEX :

Tableau 2 : classification des zones ATEX

L'ATMOSPHERE EXPLOSIVE EST PRESENTE...	ZONE GAZ/VAPEURS	ZONE POUSSIÈRES
en permanence ou pendant de longues périodes en fonctionnement normal	0	20
occasionnellement en fonctionnement normal	1	21
accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou de courte durée	2	22

NB : Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent également être traités comme source susceptible de former une atmosphère explosive.

3.5 Exemples de localisation de zones gaz/vapeurs :

Pour illustrer la localisation des zones ATEX liées aux gaz et vapeurs, prenons quelques exemples concrets :

- Zone 0 : Le risque d'atmosphère explosive est permanent ou de longue durée. On la retrouve à l'intérieur des réservoirs, canalisations, récipients contenant des substances inflammables.
- Zone 1 : Le risque d'atmosphère explosive est probable lors d'un fonctionnement normal. Il s'agit des zones proches des ouvertures des équipements de la zone 0 (alimentation, événements, vannes, etc.), des points bas où les gaz peuvent s'accumuler (fosses, caniveaux).
- Zone 2 : Le risque d'atmosphère explosive est peu probable et de courte durée. Elle englobe les zones entourant les zones 0 et 1, la proximité des connexions, vannes, raccords de tuyauterie, ainsi que les zones autour d'équipements potentiellement sujets aux fuites.

Pour un classement précis des zones ATEX, il est essentiel de se référer à la norme NF EN 60079-10-1, ainsi qu'aux documents d'organismes reconnus comme l'INRS et les fédérations professionnelles. (INE, 2024)

GAZ / VAPEURS	ZONE 0 1000 heures / an	Atmosphère explosive présente en permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal = danger permanent, de longue durée ou fréquent
	ZONE 1 Entre 10 et 1000 heures / an	Atmosphère explosive présente occasionnellement, en fonctionnement normal = danger occasionnel
	ZONE 2 Moins de 10 heures / an	Atmosphère explosive présente accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou pendant de courtes durées = danger rare ou de courte durée
POUSSIÈRES	ZONE 20 1000 heures / an	Atmosphère explosive présente en permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal = danger permanent, de longue durée ou fréquent
	ZONE 21 Entre 10 et 1000 heures / an	Atmosphère explosive présente occasionnellement, en fonctionnement normal = danger occasionnel
	ZONE 22 Moins de 10 heures / an	Atmosphère explosive présente accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou pendant de courtes durées = danger rare ou de courte durée

Figure 4 : Zonage ATEX

3.6 Adéquation des appareils à la zone ATEX : marquage réglementaire :

En zone ATEX, chaque équipement, qu'il soit électrique ou non (pneumatique, hydraulique, mécanique...), doit répondre à des normes de sécurité strictes pour prévenir les explosions. Ces normes définissent trois catégories d'appareils en fonction du niveau de sécurité requis.

Pour faciliter l'identification, un marquage spécifique indique la catégorie de l'appareil et ses caractéristiques de sécurité. Cela permet de s'assurer que chaque équipement utilisé en zone ATEX est conforme aux exigences de la zone où il est installé. (INE, 2024)

4 Le réseau anti incendie :

4.1 Définition :

Un réseau anti-incendie est un ensemble de dispositifs et de systèmes conçus pour détecter, alerter et éteindre les incendies de manière efficace et rapide. Ils jouent un rôle crucial dans la protection des vies humaines, des biens matériels et des infrastructures. (INRS, 2022)

4.2 Les types de réseau anti incendie :

Systemes à Eau :

Les systèmes à eau, tels que les sprinklers, les bouches et poteaux incendie, sont les plus couramment utilisés. Les sprinklers sont des dispositifs installés au plafond qui se déclenchent automatiquement en présence de chaleur.

Systemes à Mousse :

Utilisés principalement dans les installations industrielles, les systèmes à mousse mélangent de l'eau avec des agents moussants pour étouffer les flammes et prévenir les réinflammations.

Il y a trois types d'émulseur :

- **Emulseur bas foisonnement** : Taux de foisonnement < 20

La mousse à faible foisonnement est fréquemment utilisée pour combattre les feux d'hydrocarbures dans des environnements tels que les cuves de stockage de produits pétroliers, les raffineries, les aéroports et les navires. Les bulles de cette mousse sont très petites, denses et lourdes, ce qui permet une projection à des distances et hauteurs significatives à l'aide de lances ou de canons fixes et mobiles. Cela permet d'intervenir sur les incendies à une distance de sécurité appropriée. La mousse forme un tapis stable et solide, et son émulseur à faible expansion présente une bonne fluidité. Elle se répand rapidement sur le combustible en feu et adhère efficacement aux surfaces verticales. En formant un film aqueux ou polymère, elle sépare le carburant de l'oxygène, étouffant ainsi les flammes. De plus, sa haute teneur en eau assure un effet refroidissant important. Les conditions atmosphériques, telles que le vent ou la pluie, n'ont pas d'impact significatif sur l'application de cette mousse.

- **Emulseur moyen foisonnement** : Taux de foisonnement ≥ 20 à < 200

La mousse à moyenne expansion est principalement utilisée par les brigades de sapeurs-pompiers pour intervenir sur des surfaces restreintes, comme les feux de voiture ou de poubelle, les incendies dans les zones de stockage de solvants, ou pour contrôler les déversements chimiques. Ce type de mousse est produit en grande quantité avec une moindre proportion de solution moussante, et se forme rapidement. Le tapis de mousse épais se répand rapidement sur la surface du combustible, le séparant de l'oxygène et éteignant ainsi le feu. L'eau contenue dans la mousse crée un effet refroidissant, permettant de maîtriser le feu plus rapidement et d'éviter la ré-inflammation. En raison de sa faible densité, cette mousse est légèrement sensible au vent et aux intempéries.

- **Haut foisonnement** : Taux de foisonnement ≥ 200

La mousse à haute expansion est principalement utilisée pour éteindre les incendies de produits secs ou dans des espaces clos, tels que des entrepôts, sous-sols, hangars d'avion, ou les salles des moteurs et des

Chapitre 2 : Généralité sur les incendies

pompes sur les bateaux. Avec une consommation minimale d'eau, cette mousse produit un volume très important en peu de temps, permettant d'éteindre le feu par étouffement. Les bulles de mousse à haute expansion sont larges, très légères, et contiennent beaucoup d'air. Elles sont générées en vaporisant la solution sur un large écran, avec une grande quantité d'air introduite naturellement ou de manière forcée. Ce type de mousse n'est pas adapté pour une utilisation extérieure. Les systèmes d'extinction à mousse à haute expansion doivent être installés à proximité immédiate du feu pour être efficaces. (BIOEX, s.d.)

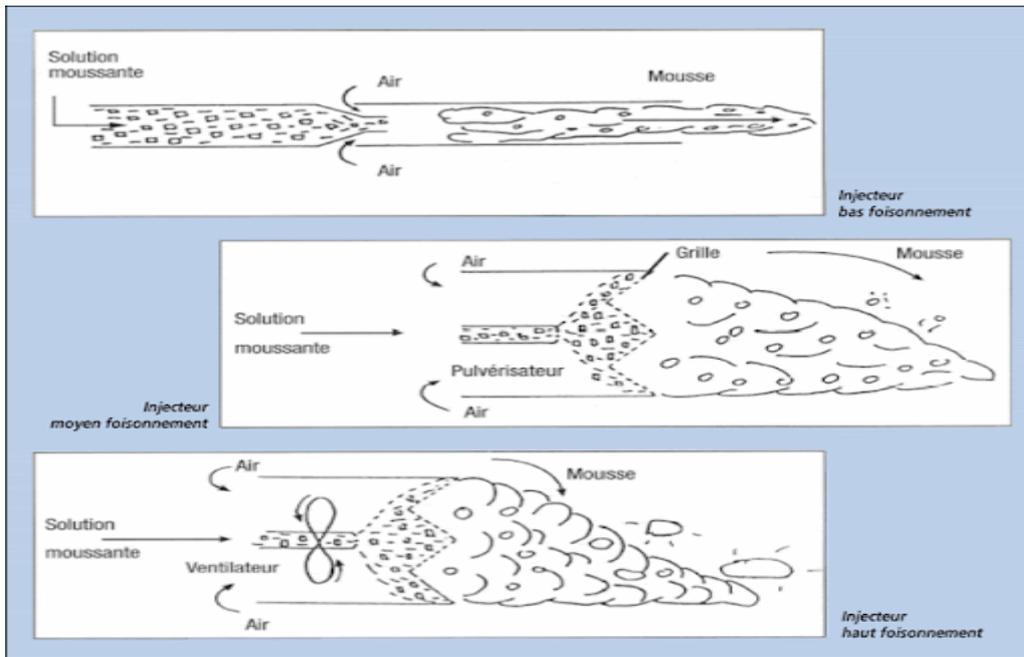


Figure 5 : les types de la mousse

Les systèmes à gaz :

Les systèmes à gaz, tels que ceux utilisant le CO2 ou le FM-200, sont efficaces pour éteindre les incendies sans endommager les équipements électroniques sensibles. Ils sont souvent installés dans les salles de serveurs, les centres de données et d'autres environnements critiques où l'utilisation de l'eau pourrait causer des dommages supplémentaires.

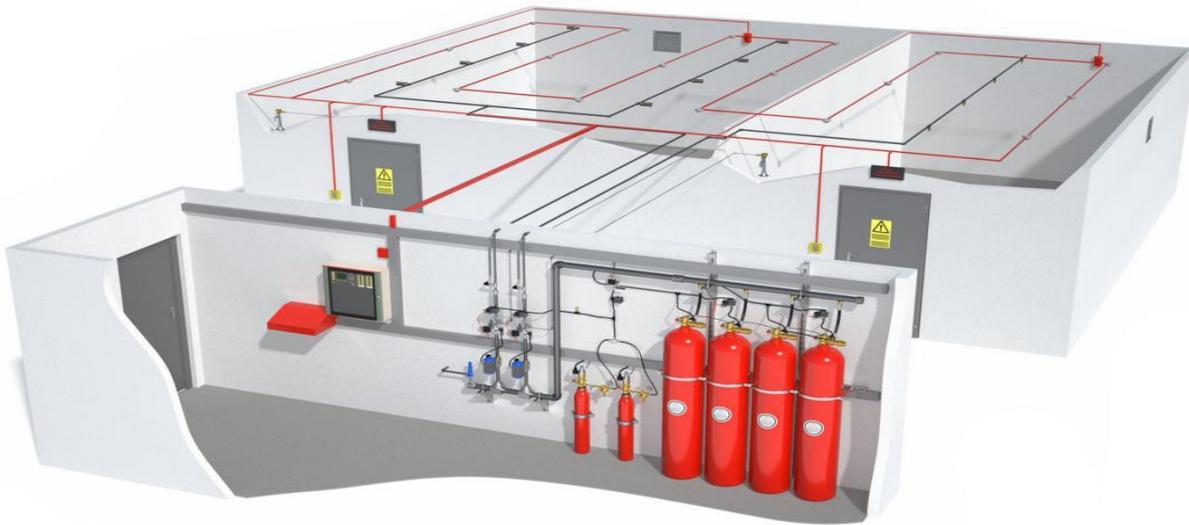


Figure 6 : système à gaz anti incendie

4.3 Composition d'un réseau anti incendie :

Réservoir d'eau :

Les réservoirs d'eau stockent l'eau nécessaire pour alimenter le système en cas d'incendie. Ils sont souvent situés sur les toits des bâtiments ou dans des structures dédiées et doivent être maintenus à des niveaux adéquats pour assurer une disponibilité immédiate.



Figure 7 : réservoir d'eau incendie

Pompe d'incendie :

Les pompes incendie augmentent la pression de l'eau pour assurer une distribution efficace à travers le réseau. Elles sont critiques pour les grands bâtiments où la gravité seule ne suffit pas à fournir une pression d'eau adéquate.



Figure 8 : pompe d'incendie

Vanne et dispositif de commande :

Les vannes contrôlent le flux d'eau dans le système, tandis que les dispositifs de commande gèrent le fonctionnement automatique des sprinklers et d'autres équipements. Ces composants assurent que l'eau est dirigée précisément là où elle est nécessaire.

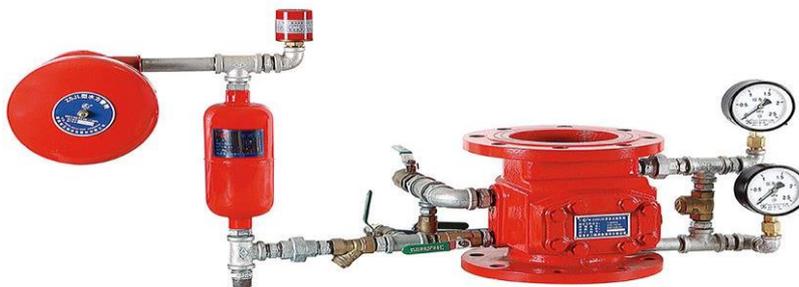


Figure 9 : vanne et dispositif de commande

Détecteurs et alarmes :

Les détecteurs de fumée, de chaleur et de flammes déclenchent les alarmes pour alerter les occupants du bâtiment en cas d'incendie. Ils jouent un rôle crucial dans la détection précoce des incendies, permettant une évacuation rapide et l'activation des systèmes de suppression.



Figure 10 : les différents détecteur et alarme de réseau anti incendie

4.4 Conception et Installation :

Normes et Régulations :

La conception et l'installation des réseaux anti-incendie doivent respecter des normes strictes telles que celles établies par la NFPA (National Fire Protection Association), l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) et les normes européennes (EN). Ces normes garantissent que les systèmes sont conçus pour être efficaces et fiables.

4.5 Calculs Hydrauliques et Dimensionnement :

Les calculs hydrauliques sont essentiels pour dimensionner correctement le réseau, assurant une pression et un débit d'eau suffisants en cas d'incendie. Ces calculs prennent en compte la surface du site, le nombre de sprinklers et la distance entre les différents composants.

4.6 Plans d'Installation et de Maintenance :

Un plan détaillé est nécessaire pour l'installation et la maintenance régulière du système. Ce plan doit inclure des schémas, des emplacements, des équipements, des instructions pour les tests périodiques et des procédures de maintenance préventive.

4.7 Fonctionnement et entretien :

Procédures de Test et d'Inspection :

Des tests réguliers et des inspections sont nécessaires pour s'assurer que le système est en bon état de fonctionnement. Ces tests incluent le déclenchement des sprinklers, la vérification des alarmes et l'inspection des pompes et des réservoirs.

4.8 Maintenance Préventive et Corrective :

La maintenance préventive permet de détecter et de corriger les problèmes avant qu'ils ne deviennent critiques, tandis que la maintenance corrective intervient après un dysfonctionnement. Les deux types de maintenance sont essentiels pour assurer la fiabilité à long terme du réseau.

4.9 Formation et Préparation du Personnel :

La formation régulière du personnel sur l'utilisation et l'entretien des réseaux anti-incendie est cruciale pour garantir une réponse rapide et efficace en cas d'incendie. Le personnel doit être capable de réaliser des inspections de routine, de réagir aux alarmes et de suivre les procédures d'évacuation.

5 Rôle des Réseaux Anti-Incendie dans la Sécurité Globale :

Intégration avec d'Autres Systèmes de Sécurité :

Les réseaux anti-incendie doivent être intégrés avec d'autres systèmes de sécurité tels que les alarmes, les systèmes d'évacuation et les systèmes de surveillance. Cette intégration assure une réponse coordonnée en cas d'incendie.

Importance de la Sensibilisation et de la Formation du Public :

La sensibilisation et la formation du public sont essentielles pour assurer une réponse adéquate en cas d'incendie. Les campagnes de sensibilisation et les exercices d'évacuation réguliers peuvent sauver des vies en améliorant la préparation des occupants.

Statistiques et Impact sur la Réduction des Risques d'Incendie :

Les statistiques montrent que les réseaux anti-incendie ont un impact significatif sur la réduction des risques et des dommages causés par les incendies. Par exemple, les bâtiments équipés de sprinklers ont un taux de survie beaucoup plus élevé en cas d'incendie.

6 Conclusion :

Les réseaux anti-incendie sont des systèmes conçus pour détecter, alerter et éteindre les incendies de manière efficace et rapide. Ils jouent un rôle crucial dans la protection des vies humaines, des biens matériels et des infrastructures. Les systèmes à eau, à mousse et à gaz sont les plus couramment utilisés, avec des caractéristiques spécifiques pour chaque type.

La conception et l'installation des réseaux anti-incendie doivent respecter des normes strictes pour garantir leur efficacité et leur fiabilité. Les calculs hydrauliques et le dimensionnement sont essentiels pour assurer

Chapitre 2 : Généralité sur les incendies

une pression et un débit d'eau suffisants en cas d'incendie. La maintenance préventive et corrective est également cruciale pour assurer la fiabilité à long terme du réseau.

Enfin, les réseaux anti-incendie doivent être intégrés avec d'autres systèmes de sécurité et la sensibilisation et la formation du public sont essentielles pour assurer une réponse adéquate en cas d'incendie. Les statistiques montrent que les réseaux anti-incendie ont un impact significatif sur la réduction des risques et des dommages causés par les incendies.

Chapitre 3 :

Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

1.Présentation de Sonatrach DP

SONATRACH est la compagnie nationale algérienne pour la recherche, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

SONATRACH est la première entreprise du continent africain et occupe une place de premier plan au niveau mondial. Sa production globale (tous produits confondus) est de 230 millions de tep en 2006. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie. Elle emploie 120.000 personnes dans l'ensemble du Groupe.

SONATRACH est divisé en quatre Activités : Amont, Aval, Transport par canalisation et Commercialisation. La Division Production (DP) fait partie intégrante de l'Activité Amont de Sonatrach. Les sites de production de la Division Production sont répartis en trois lots en fonction de leur situation géographique. Le lot 1 regroupe les directions régionales de Hassi Messaoud (CINA, CIS, Unités satellites (y compris E2A), El Borma, Mesdar), Hamra, Rhourde Nouss et Gassi Touil. Le lot 2 regroupe les directions régionales de Hassi R'Mel (Centre, Nord, Sud, Djebel Bissa, Oued Noumer et Ait Kheir) et de Haoud Berkaoui (Guellala et Benkehla). Le lot 3 regroupe les directions régionales d'In Amenas, Stah (Alrar, Stah, Mereksen), Tin Fouye Tabankort et Ohanet.

2. Présentation de site gassi touil

La direction régionale de Gassi Touil (GTL), fait partie de la division production de l'entreprise SONATRACH. Elle se trouve à 1000 km au sud-est d'Alger et à 150 km au sud de Hassi Messaoud. La totalité de la production de gaz et de pétrole brut de la région de Gassi Touil y est acheminée.

L'usine de Gassi Touil a été mise en production en 1965. La superficie du champ s'étend sur 120 km² et compte 60 puits producteurs, 6 puits injecteurs et 11 puits secs ou abandonnés.

Les unités de production disponible sur le site de Gassi Touil sont reprises ci-dessous :

- Unité de traitement de brut
- Unité de traitement de gaz
- Unité de récupération des gaz associés
- Unité de traitement des rejets industriels.

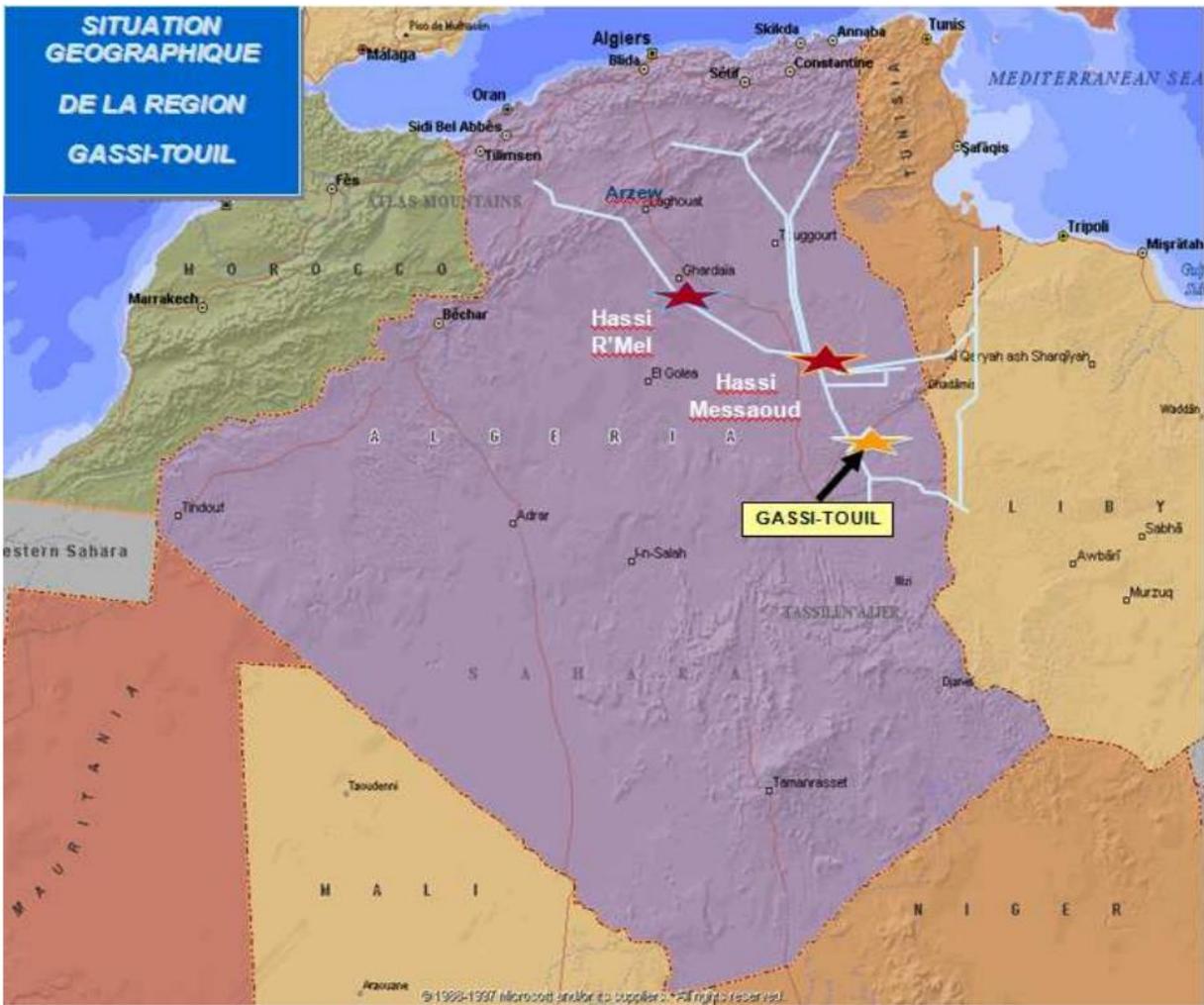


Figure 11 : situation géographique de la région Gassi Touil

La capacité initiale de traitement installée est de 20 millions de Nm³ /j de gaz pour une production de 2900 tonnes de condensats récupérés. Le traitement de l'huile brute est de 21850 m³ par jour et la capacité totale de stockage est de l'ordre de 67400 m³.

La station de récupération des gaz associés collecte 4,9 m³/j des gaz à partir des différents points de l'unité de séparation et de l'unité de traitement gaz. Le gaz comprimé est alors réinjecté à une pression de 152 bara dans les puits injecteurs.

3.L'organigramme de site :

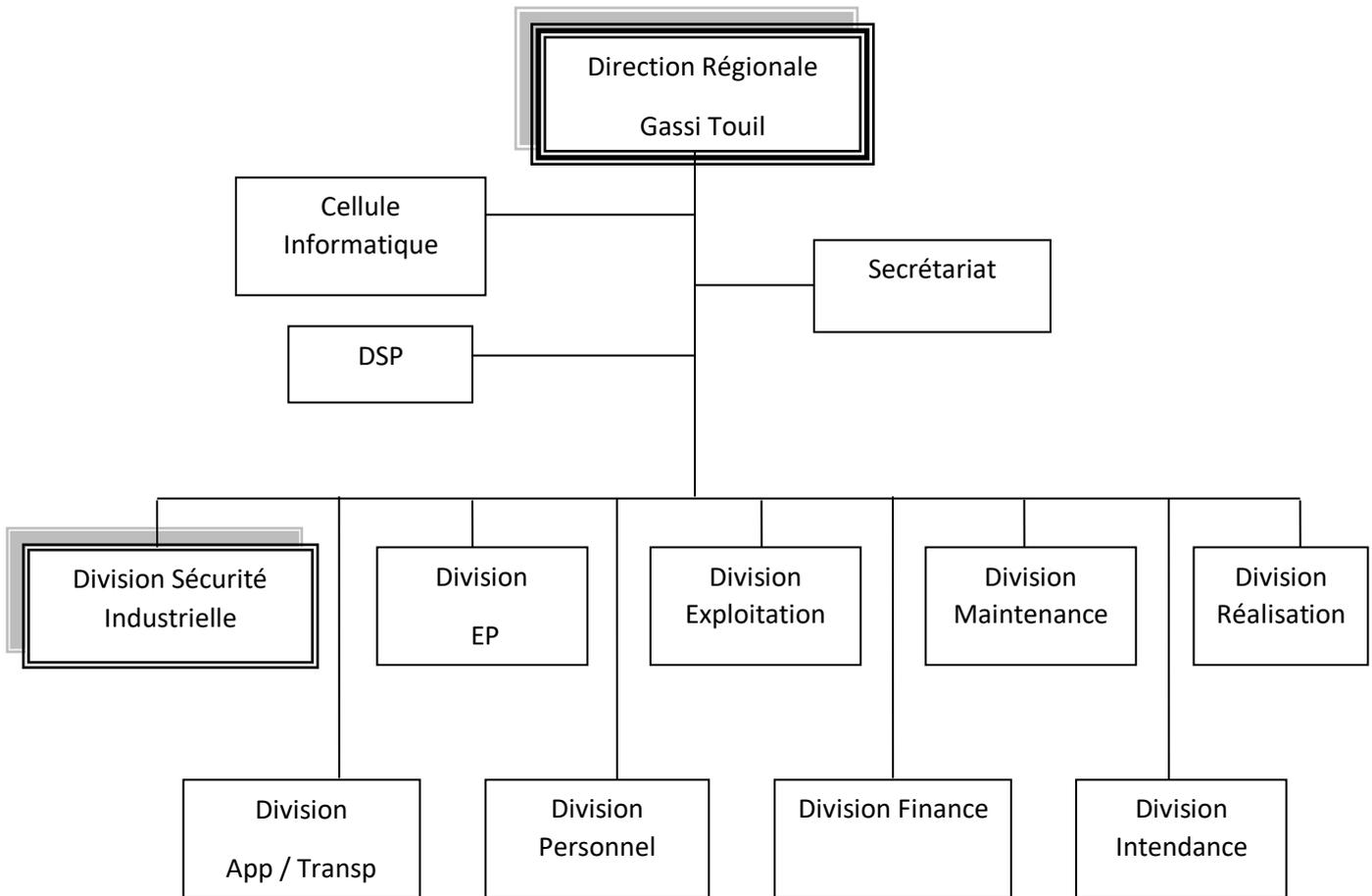


Figure 12 : l'organigramme du site

L'organigramme repris ci-dessus illustre l'organisation hiérarchique au niveau de la Direction Régionale du site Sonatrach Division Production de Gassi Touil. Le Directeur Régional est situé au sommet de l'organigramme et dirige les divisions de GT. L'organigramme ici présenté détaille également l'organisation de la Division Exploitation et d'un de ses services en détail.

3.1. Division de sécurité industrielle :

Cette division a pour mission, d'assister les opérations et veille sur le bon respect des procédures HSE durant l'exécution des opérations. Elle veille aussi sur la protection du patrimoine humain; matériel, et environnemental de SONATRACH.

Elle est subdivisée comme suit:

- Service Prévention.

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

- Service Intervention.
- Cellule environnement.

4. Organisation de la division sécurité industrielle :

La division de sécurité industrielle de Gassi Touil est structurée en deux services, et une cellule environnement.

4.1 Service Prévention :

Ses missions principales sont :

- Prévention des accidents et les incidents au sein des installations.
- Assistance aux travaux d'exploitation.
- Veille sur l'application des procédures et consignes HSE sur site.
- Identification et évaluation des risques associés aux différentes opérations effectuées.
- Inspections, contrôle et audits périodiques des installations.
- Formation et sensibilisation du personnel à partir des statistiques HSE.
- Assure les Reporting HSE.
- Etablissement des procédures HSE et des plans de prévention.

4.2. Service Intervention :

Ses missions principales sont :

- Entretien et exploitation des installations et matériels de lutte contre l'incendie.
- Formation du personnel d'intervention sur les techniques d'intervention.
- Réalisation des exercices d'entraînement selon les scénarios résultant de l'étude de danger.
- Simuler les différents plans d'urgence (PII, PAM).
- Assure l'efficacité et la disponibilité du matériel d'intervention.

4.3. Cellule Environnement :

Ses missions principales sont :

Etude et suivi des dossiers du volet environnement.

Supervision de la réalisation des projets de protection d'environnement (Gestion des rejets industriels, la décharge...).

Veille au respect des normes liées aux rejets des produits polluants.

Suivre et contrôler la gestion de stockage des produits chimiques.

Assure le Reporting relatif au volet environnement.

Etablissement des procédures relatives au volet environnement

5.Responsabilités HSE :

La Direction Régionale de Gassi Touil s’assure que les différents services HSE peuvent remplir correctement leurs missions en matière de santé, de la sécurité, et la protection de l’environnement conformément aux prescriptions réglementaires.

Les missions des différentes fonctions HSE sont clairement définies et comprises par tout le personnel.

Les rôles et les responsabilités sont par suite traduits dans les fiches des missions (fiches de poste responsable HSE, chefs service HSE, ingénieurs HSE, contremaîtres HSE, techniciens HSE, agents d’intervention).

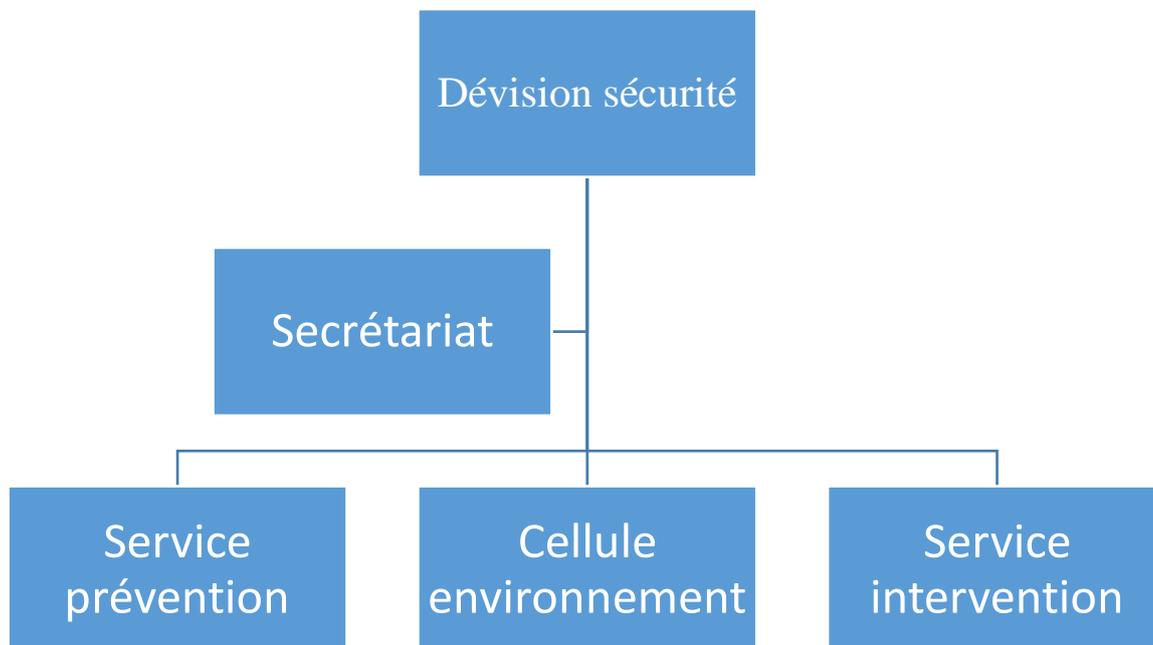


Figure 13 : L’organigramme de la division sécurité

6 Introduction sur le réseau anti incendie aux installations pétrolières :

La sécurité dans les installations pétrolières est d'une importance vitale, étant donné les risques inhérents aux opérations de traitement du pétrole brut, qui s'effectuent dans des conditions extrêmes et complexes. Parmi les nombreux défis sécuritaires qui se posent, la menace d'incendie occupe une place prépondérante en raison de la nature hautement inflammable des produits manipulés et des environnements souvent hostiles et potentiellement explosifs dans lesquels ces installations sont situées. Face à ces défis, des mesures de prévention et de protection rigoureuses sont nécessaires pour garantir la sécurité du personnel et la préservation des infrastructures. Dans cette optique, la mise en place d'un réseau anti-incendie efficace et robuste est non seulement une priorité absolue, mais aussi un impératif indispensable pour assurer la continuité sécuritaire des opérations et la protection des ressources humaines, environnementales et économiques.

7 La fiche technique de stockage :

La section de stockage et expédition comprend 8 bacs de stockage et une pomperie d'expédition :

Capacité de traitement installée : 21 850 m³ /j

Capacité de stockage installée : 75 400 m³

Le parc de stockage se compose des bacs aériens suivants :

Tableau 3 : Composition du parc de stockage du centre de production CP

Produit	Type	N° de l'équipement	Volume (m ³)	Encuvement (m ²)
Pétrole brut	Toit flottant	R21 (production)	20000	10160
		R22 (décantation)	20000	10160
		R23 (expédition)	20000	10160
Condensat	Toit fixe	R1	3390	3047
		R2	3390	3047
Bacs de test	Toit fixe	R3	310	920 (cuvette commune aux 2 bacs)
		R4	310	
Bac de chargement de brut	Parallépipédique	-	50	-
Condensat	Toit fixe	R5	8000	5184

8 La description de réseau anti incendie actuel :

Le système de protection incendie du centre de production (CP) est composé d'un réseau anti-incendie bouclé et maillé. Ce réseau comprend une conduite principale d'eau de diamètre 10" et une conduite de pré-mélange (eau/émulleur) de diamètre. 8".

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

Pour assurer le fonctionnement du système, quatre pompes sont installées, deux électriques principale et deux diesels de secours. De plus, deux pompes doseuses GIDA (électrique & diesel) sont également installées pour alimenter le circuit pré-mélange.

Ces équipements sont alimentés par un bac d'eau incendie de volume 4000 m³.

Tableau 4 : les caractéristiques des pompes Anti-Incendie

Pompe	Débit	Pression
Eclectique A	300 m ³ /h	15 bar
Electrique B	200 m ³ /h	12 bar
Diesel A	300 m ³ /h	15 bar
Diesel B	200 m ³ /h	12 bar
Pompes doseuses GIDA	22 m ³ /h	15 bar
Pompes doseuses GIDA	22 m ³ /h	15 bar
Surpresseur A	27 m ³ /h	4.5 bar
Surpresseur B	27 m ³ /h	4.5 bar

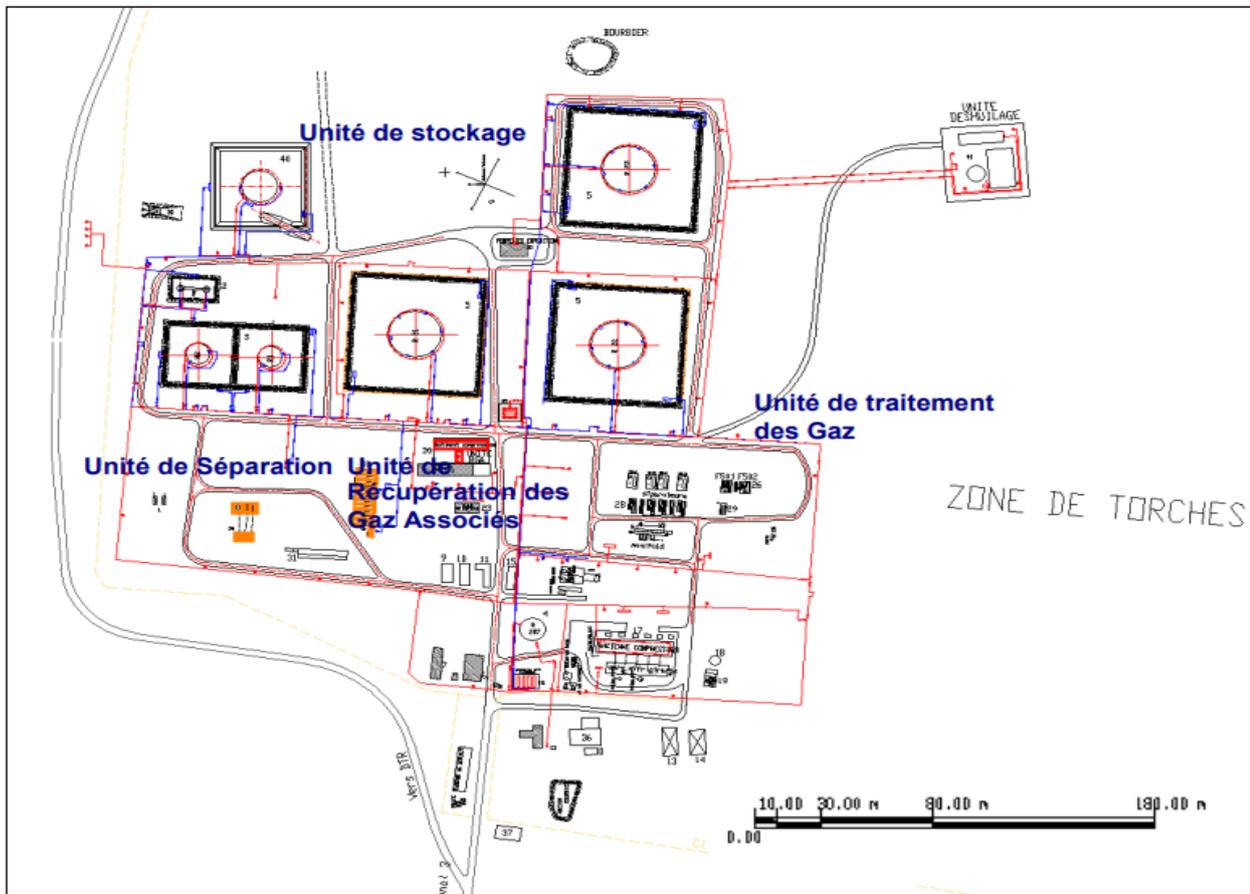


Figure 14 : Plan du réseau incendie actuel

9 La description du projet

Faisant suite à notre inspection approfondie du réseau anti incendie de centre de production CP et vue les anomalies constatées on a décidé de mettre en place une étude de dimensionnement d'un nouveau réseau anti incendie conforme aux normes et standards internationaux.

Cette étude comprendra une évaluation minutieuse des besoins en eau pour l'extinction des incendies, en prenant en compte la taille de l'installation, la nature des matériaux présents et les risques spécifiques associés. Des calculs hydrauliques précis seront effectués pour déterminer le débit nécessaire d'eau et la pression requise pour chaque zone de l'installation, afin de garantir une réponse efficace en cas d'incendie. La distance entre les équipements anti-incendie, tels que les sprinklers, les poteaux d'incendie, les manomètres de pression, sera également étudiée pour assurer une couverture optimale de l'ensemble de l'installation.

Notre étude consistée en une mise en conformité du réseau anti incendie actuel existant au sein du centre de traitement de brut CP Gassi Touil. Pour cela nous avons besoin de vérifier la conformité du réseau anti incendie en utilisant les normes et la réglementation en vigueur.

Pour cela nous avons utilisé les normes citées ci-dessous :

9.1 Les normes utilisées :

- **Norme NFPA 11 : Extinction par mousse**

Le standard NFPA 11 concerne les systèmes d'extinction par mousse bas, haut et moyen foisonnement. Ce standard a pour objectif de guider :

Les personnes responsables de la conception, des installations, des tests, listing, des inspections, des opérations et de la maintenance,

Les autorités compétentes, et ce, concernant les systèmes d'extinctions par mousse bas, moyen et haut foisonnement et par mousse sous-pression. Ces systèmes d'extinctions par mousse sont les plus souvent utilisés pour l'intérieur des bâtiments ou pour des risques extérieurs. (NFPA 11, 2021)

- **Norme NFPA 13 : Installation des systèmes sprinklers**

La norme NFPA 13 concerne les installations de systèmes sprinklers.

La norme présente des règles claires et précises pour les systèmes sprinklers de la conception jusqu'à l'installation et pour l'ensemble des risques, notamment :

Des critères d'installation permettant de satisfaire des besoins spéciaux en architecture ;

Des spécifications complètes pour les stockages ;

Une section présentant les bases de l'installation des sprinklers résidentiels ;

Une section spéciale pour la conception de la protection des risques spécifiques des tableaux pour le choix des sprinklers ESFR. (NFPA 13)

- **Norme NFPA 15 : Système d'arrosage à eau**

La norme NFPA 15 concerne les systèmes d'arrosage à eau (déluge).

Ce standard est particulièrement utilisé en Risques Spéciaux, pour la protection des feux à développement rapide et le refroidissement des équipements (réacteurs, réservoirs, colonnes de distillation, transformateurs, convoyeurs, etc.). (NFPA 15)

- **NFPA16 : Norme pour l'installation de systèmes d'arrosage à mousse**

Cette norme contient des exigences minimales pour la conception, l'installation et l'entretien des systèmes d'arrosage et de pulvérisation de mousse à faible foisonnement. (NFPA 16)

- **NFPA20 : Norme pour l'installation de pompes fixes pour la protection contre l'incendie**

La norme NFPA 20 porte sur le choix et l'installation de pompes alimentant en liquide une protection contre l'incendie. Les exigences relatives aux pompes fixes de protection contre l'incendie que la norme énonce, se basent sur des principes d'ingénierie, des données d'essais des expériences sur le terrain.

Le champ d'application de la norme inclut les alimentations en liquide, l'aspiration, le refoulement et les équipements auxiliaires, les alimentations électriques et les dispositions relatives à celles-ci, la commande et l'entraînement électrique, la commande et l'entraînement à turbine à vapeur, ainsi que les essais de réception et de fonctionnement. (NFPA 20)

- **NFPA22 : Norme pour les réservoirs d'eau pour la protection contre les incendies :**

La norme NFPA 22 fournit des directives pour la conception, l'installation, l'entretien et l'inspection des réservoirs d'eau de lutte contre l'incendie, y compris les réservoirs en acier et en béton. Cette norme vise à assurer la disponibilité d'une réserve adéquate d'eau pour la protection incendie dans les bâtiments et les installations. Elle est régulièrement mise à jour pour refléter les meilleures pratiques et les nouvelles technologies dans le domaine de la protection contre les incendies. (NFPA 22)

- **NFPA30 : Code des liquides inflammables et combustibles**

La norme NFPA 30, également connue sous le nom de "Code pour les liquides inflammables et combustibles", est un document édité par la National Fire Protection Association (NFPA) qui établit des directives pour le stockage, la manipulation et l'utilisation sécuritaires des liquides inflammables et combustibles. Cette norme est régulièrement mise à jour pour refléter les meilleures pratiques en matière de sécurité incendie et de protection contre les risques liés aux liquides inflammables. (NFPA 30)

9.2 Anomalies constatées au niveau du réseau actuel :

D'après l'inspection effectuée avec le chef de service intervention et après étude et discussion des résultats en collaboration avec le groupe de travail créé dans le cadre du projet ainsi que la collaboration d'un prestataire, on a pu constater les anomalies et les écarts suivants :

- Pompe électrique de 300 m³/h hors service ; selon la norme NFPA 20
- Absence de système déluge ; selon la norme NFPA 15
- Insuffisance des poteaux et armoires incendie ; selon la norme NFPA 20
- Insuffisance des manomètres de pression ; selon la norme NFPA 20
- Le système ne dispose pas de système automatique d'extinction ; selon NFPA 13
- Manque de débitmètre en ligne ; selon la norme NFPA 20
- Manque de système déluge pour les séparateurs ; selon la norme NFPA 15, 16

10 Principe de détermination de débit d'eau Réglementaire :

Le débit d'eau nécessaire doit être déterminé en considérant le scénario le plus critique, qui correspond au débit d'eau le plus élevé parmi les situations les plus défavorables, notamment le feu de cuvette.

Le scénario a été inspiré de l'étude de danger (EDD) et ce après une simulation par des logiciels de modélisation à savoir PHAST ;

Scénario et Critère de dimensionnement :

L'étude comprend :

- Le dimensionnement des installations fixes « mousse, eau de refroidissement pour la protection des bacs de stockage.
- Le dimensionnement de la maille et de la pomperie du réseau.
- Le dimensionnement du réseau se fera à partir du scénario d'incendie qui détermine le débit d'eau réglementaire le plus important.
- Le scénario a étudié est : **feu de cuvette de rétention « R22 ».**

10.1 Scénario N°01 : Calcul des besoins en eau pour faire face au feu de cuvette du bac R22 :

10.1.1 Calcule du débit nécessaire de la mousse (Q mousse) :

Remarque : la surface actuelle de la cuvette de rétention est 10165 m² alors pour optimiser la quantité d'eau on recommande de prévoir la profondeur de toute les cuvettes 3 m et la surface des cuvettes des R21/22/23 devra 6700 m².

$$Q_{\text{mousse}} = T \times S$$

Où :

Q_{mousse} : le débit de la mousse nécessaire pour appliquer un tapis de mousse en vingt (20) minutes sur la surface totale de la cuvette de rétention.

T : le taux d'application (**4,1 l/min/m²**) selon **NFPA 11**

S : La surface de la cuvette (On prend la surface de la cuvette **6700 m²** pour optimiser le débit d'eau) ;

T= 4,1 L/min/m²	Q_{mousse} = 4,1×6700=27470 L/min
S=6700 m²	Q_{mousse} =1648 m³/h

10.1.2. Calcule du débit d'eau nécessaire :

Le dosage d'émulseur est 6% avec un taux de foisonnement bas

$$Q_{\text{eau}} = Q_{\text{mousse}} \times 0,94$$

$$Q_{\text{eau}} = 1648 \times 0,94$$

$$Q_{\text{eau}} = \mathbf{1549 \text{ m}^3/\text{h}}$$

10.1.3. Calcule de débit et volume d'émulseur nécessaire :

$$Q_{\text{émulseur}} = Q_{\text{mousse}} \times 0,06$$

$$Q_{\text{émulseur}} = 1648 \times 0,06$$

$$Q_{\text{émulseur}} = \mathbf{99 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$Q_{\text{émulseur}} \text{ en } 20 \text{ min} = \mathbf{99/3 = 33 \text{ m}^3} \text{ (selon l'arrêté français du 02/09/15 relatif au stockage aérien)}$$

A cet effet la capacité d'émulseur à installer sera une citerne de Volume d'émulseur :

$\mathbf{V = 33 \text{ m}^3}$

10.1.4 Calcule du débit d'eau nécessaire pour le refroidissement des équipements adjacents :

Les équipements adjacents sont les bacs de stockage R21, R23, les ballons ATM, compresseur C04 et la pomperie d'expédition.

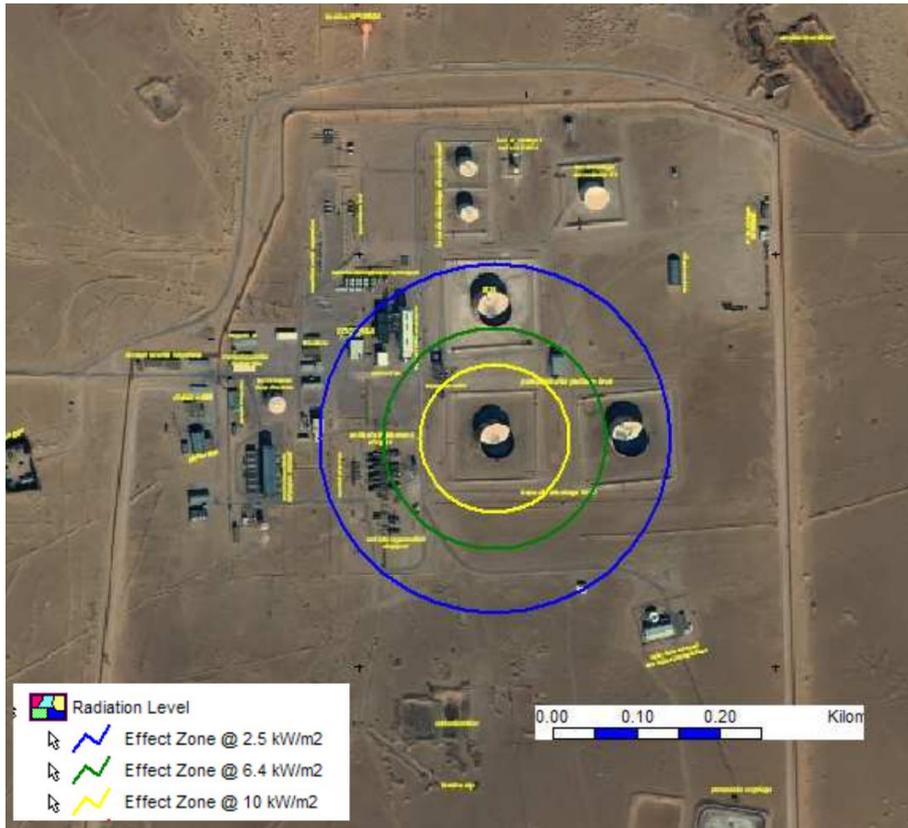


Figure 15 : les contours de radiation du feu de la cuvette R22

10.1.5 Calcule Q eau de refroidissement pour les bacs de stockage R21 et R23 :

Selon la fiche technique de stockage les bacs de stockage R21 et R23 ont les mêmes caractéristiques.

$C = \pi \times R$ C : Circonférence de bac = 137,9m R = 43,8m $C = \pi \times 43,8$ $C = 3,14 \times 43,8$ C = 137,9m	$Q_{\text{eau}} = T \times C$ T : le taux d'application 15 L/min/m selon NFPA 15 $Q_{\text{eau}} = 15 \times 137,9$ $Q_{\text{eau}} = 2068 \text{ L/min} = 124 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{eau}} = 124 \text{ m}^3/\text{h}$
---	--

Vue que les bacs R21 et R23 sont identiques Le débit d'eau nécessaire pour les chaque est :

QR21=QR23=124 m3/h

Calcule Q eau de refroidissement pour les ballons ATM :

On a la circonférence des ballon ATM = 6m

Et : **QB=T×C**

T : le taux d'application = 15 l/min/m selon NFPA 15	QB= 15 × 6
C : la circonférence	QB=90 L/min
	QB =5,4 m ³ /h

Et pour protéger la pomperie d'expédition et le compresseur C04 on utilise des lances à eau fixe avec un débit de 114 m³/h.

10.1.6 Calcule Q totale d'eau :

Le débit d'eau règlementaire est la somme des débits de refroidissements des équipements adjacents et le débit d'eau nécessaire pour la production de la mousse au niveau de la cuvette de rétention en feu.

Q_T=QB+QC04+QR21+QR23+QP+Qeau

Q_T=10,8+114+124+114+1549

Q_T=1912 m³/h

Selon l'arrêté français 02 Septembre 2015 recommande que la réserve d'eau doit être assurer une intervention sur le feu de phénomène le plus défavorable pendant 12 heures en plein débit.

Le réserve d'eau règlementaire : R_{eau}= QT×12

R_{eau}=1912×12

R_{eau} = 23000 m³
--

10.1.7 Configuration des pompes anti incendies (Pompes principale & pompes jockey) :

Les normes et standards internationaux recommande une configuration avec deux pompes incendies électriques et deux pompes en diesel.

Pompes à eau d'incendie :

Le système recommandé est de quatre (4) pompes à eau d'incendie de type centrifuge, deux (2) pompes principales commandées par un moteur électrique et deux (2) pompes jockey commandées par un moteur diesel. Chaque pompe a une capacité nominale de débit d'eau incendie de **1000 m³/h** à 9,77 bar, soit 50%

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

de la demande en eau maxi de **2 000 m³/h**. Par conséquent, la mise en service de deux (2) quelconques des pompes à eau incendie assure la couverture de la demande en eau d'incendie maximum des systèmes de protection contre le feu des installations.

Pompes jockey :

Pour garantir en continu la pression nécessaire dans le circuit principal de l'eau, le système doit être prévu deux (2) pompes jockey de type centrifuge commandées par moteur électrique, une (1) pompe principale et une (1) pompe de secours, d'une capacité nominale de 57m³/h à 9,32 barg. La mise en service des pompes jockey permet un jet de lance de 57m³/h sans mise en marche des pompes à eau incendie. Quand le niveau dans le réservoir d'eau incendie est à HLL en exploitation normale, la pression est maintenue à environ 12 barg.

Et pour le réseau mousse le système recommandé est deux (2) pompes de 100 m³/h une principale et l'autre en stand-by. Et une unité de stockage et dosage (USD) de 33 m³.

Tableau 5 : les débits nécessaires en eau.

Les équipements	Cuvette de rétention	R21 & R23	Ballon ATM	C04	Totale
Le débit nécessaire d'eau (m ³ /h)	1549	124	5,4	114	1912

10.2 Scénario 2 : feu de bac de stockage R22 :

10.2.1 Calcule des besoins en eau pour les chambres à mousse des bacs R21/22/23 :

En situation d'incendie impliquant un bac d'hydrocarbures à toit flottant, le point faible principal réside dans le joint du bac. Ainsi, pour contrôler efficacement la propagation des flammes et assurer une protection adéquate, le déversement de la mousse à travers les chambres à mousse est spécifiquement dirigé au niveau de ce joint. Pour déterminer le débit de mousse requise pour cette opération, il est nécessaire de calculer la surface de ce joint. Ce calcul permet d'obtenir une estimation précise afin d'assurer une couverture suffisante pour contenir l'incendie et minimiser l'endommagement du bac.

S du joint = S du bac extérieur - S du bac Intérieur : (S joint = S ex – S in)

$S_{ex} = \pi \times R^2$ Où : $\Pi = 3,14$	$S_{in} = \pi \times R^2$
R : le rayon extérieur de bac = 21,9 m	R : le rayon intérieur = 21,4 m

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

$S_{ex} = \pi \times R^2 = 3,14 \times (21,9)^2$	$S_{in} = 3,14 \times (21,4)^2$
$S_{ex} = 1506 \text{ m}^2$	$S_{in} = 1438 \text{ m}^2$

$$S_{joint} = S_{ex} - S_{in} = 1506 - 1438 \quad S_{joint} = 68 \text{ m}^2$$

$$Q_{mousse} = T \times S_{joint}$$

T : le taux d'application = **12,2 l/min.m²** selon **NFPA 11**

$$Q_{mousse} = 12,2 \times 68 \quad Q_{mousse} = 829,6 \text{ l/min} \quad Q_{mousse} = 49,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vue que les bacs R21, R22 et R23 sont identiques le débit nécessaire de la mousse pour les chambres à mousse est :

$$Q_{mousse R21} = Q_{mousse R22} = Q_{mousse R23} = 49,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Remarque : On a calculé déjà les besoins en eau et le débit nécessaire pour refroidissement des bacs R21/22/23 dans le scénario N°1 parce qu'ils sont des équipements adjacents (au voisinage de cuvette de R22).

10.2.2. Calcule des besoins en eau des bacs R1, R2, R3, R4 et R5 :

- **Les bacs R1 et R2 :**

Calcule des besoins en eau pour le refroidissement des bacs de stockage de condensat R1 et R2 :

$C = 2 \times \pi \times R$	$Q_{eau} = T \times C$
C : Circonférence ; R : Rayon	T : Le taux d'application selon NFPA 15 =
R = 10 m et $\pi = 3,14$	15 l/min/m²
$C = 2 \times 3,14 \times 10$	$Q_{eau} = 15 \times 62,8$
$C = 62,8 \text{ m}$	$Q_{eau} = 942 \text{ l/min}$
	$Q_{eau} = 56,52 \text{ m}^3/\text{h}$

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

Vu que Les deux bacs de condensat R1 et R2 sont identiques, le débit d'eau nécessaire pour refroidissement de chaque bac est :

$QR1 = QR2 = 56,52 \text{ m}^3/\text{h}$
--

Calcule le débit de la mousse pour la cuvette de rétention des bacs R1 et R2 :

Remarque : on prend la profondeur de 3 m pour toutes les cuvettes, afin de gagner en surface et optimiser le débit d'eau et le coût pour les dimensions des conduites.

$Q_{\text{mousse}} = T \times S$ S : la surface de la cuvette = 1130 m ² T : le taux d'application = 4,1 l/min/m ² selon NFPA 11	$Q_{\text{mousse}} = 4,1 \times 1130$ $Q_{\text{mousse}} = 4633 \text{ l/min} = 278 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{mousse}} = 278 \text{ m}^3/\text{h}$
--	--

Vu que les bacs R1 et R2 sont identiques, le débit de la mousse nécessaire pour chaque cuvette est :

$Q_{\text{mousse}}(R1) = Q_{\text{mousse}}(R2) = 278 \text{ m}^3/\text{h}$
--

Calcule le débit nécessaire de la mousse pour les chambres à mousse de R1 et R2 :

On a : $Q_{\text{mousse}} = T \times S$

Où : T : le taux d'application = 4,1 l/min.m ² (pour 30 min) selon NFPA 11 S : la surface de bac = $\pi \times R^2$ R = 10 m	$S = 3,14 \times 10^2 = 314 \text{ m}^2$ $Q_{\text{mousse}} = 4,1 \times 314$ $Q_{\text{mousse}} = 1287,4 \text{ l/min} = 77,24 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{mousse}} = 77,24 \text{ m}^3/\text{h}$
---	---

- **Les bacs R3 et R4 :**

Vu que les bacs R3 et R4 sont identiques le débit nécessaire de la mousse pour les chambres à mousse est :

$Q_{\text{mousse}}R1 = Q_{\text{mousse}}R2 = 77,24 \text{ m}^3/\text{h}$
--

Calcule des besoins en eau pour refroidissement les bacs R3 et R4 :

$C=2 \times \pi \times R$ Où :	$C=2 \times 3,14 \times 3$
C : Circonférence ; R : Rayon	$C=18,84$ m
On a : R= 3 m et $\pi=3,14$	$Q_{\text{eau}}=15 \times 18,84$
	$Q_{\text{eau}}=282,6$ l/min = 16,95 m ³ /h

Vu que Les deux bacs de condensat R1 et R2 sont identiques, le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de chaque bac est :

$QR3=QR4= 16,95$ m³/h
--

Calcule le débit de la mousse pour la cuvette de rétention des bacs R3 et R4 :

$Q_{\text{mousse}}=T \times S$	$Q_{\text{mousse}}=4,1 \times 207$
S :la surface de la cuvette =207 m ² (R3 et R4 ont une cuvette commune)	$Q_{\text{mousse}}=849$ l/min
	$Q_{\text{mousse}}=51$ m ³ /h

Le débit nécessaire de la mousse pour la cuvette de R3 et R4 est : **51 m³/h**

Calcule le débit nécessaire de la mousse pour les chambres à mousse de R3 et R4 :

$Q_{\text{mousse}}=T \times S$	$S=3,14 \times 3^2 =28,26$ m ²
T : le taux d'application = 4,1 l/min.m² (pour 30 min) selon NFPA 11	$Q_{\text{mousse}}=4,1 \times 28,26$
S : la surface de bac = $\pi \times R^2$; R= 3m	$Q_{\text{mousse}}=116$ l/min =6,96 m ³ /h

Vue que les bacs R3 et R4 sont identiques le débit nécessaire de la mousse pour les chambres à mousse est :

$Q_{\text{mousse}R3}= Q_{\text{mousse}R4}=6,96$ m³/h

Chapitre 3 : Calcul et dimensionnement du réseau anti-incendie

- **Le bac R5 :**

Calcule des besoins en eau pour le refroidissement le bac R5 :

R=15 m et $\pi=3,14$	$Q_{\text{eau}}= 15 \times 94,2$
C= $2 \times 3,14 \times 15$	$Q_{\text{eau}}= 1413 \text{ l/min} = 84,78 \text{ m}^3/\text{h}$

Le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement du bac R5 est : **84,78 m³/h**

Calcule du débit de la mousse pour la cuvette de rétention de bac R5 :

$Q_{\text{mousse}}=T \times S$	$Q_{\text{mousse}}=4,1 \times 2667$
S : la surface de la cuvette = 2667 m^2	$Q_{\text{mousse}}=10935 \text{ l/min}$
	$Q_{\text{mousse}}=656 \text{ m}^3/\text{h}$

Le débit de la mousse nécessaire pour la cuvette de rétention R5 est : **656 m³/h**

Calcule le débit de la mousse pour les chambres à mousse de bacs R5 :

$Q_{\text{mousse}}=T \times S$	$S=3,14 \times 15^2 = 706,5 \text{ m}^2$
T : le taux d'application = 4,1 l/min.m² (pour 30 min) selon NFPA 11	$Q_{\text{mousse}}=4,1 \times 706,5$
S : la surface de bac = $\pi \times R^2$; R= 15 m	$Q_{\text{mousse}}=2896,65 \text{ l/min} = 173,8 \text{ m}^3/\text{h}$
	$Q_{\text{mousse}}=173,8 \text{ m}^3/\text{h}$

Le débit nécessaire de la mousse pour les chambres à mousse de bac de stockage R5 est : **173,8 m³/h**

10.3 Calcule des besoins en eau pour le refroidissement des batteries (séparateurs) :

- **Les batteries PPL_{2/3/4/5} :**

L= 10,55 m → L : longueur	$Q_{\text{eau}}=T \times S$
D=2,4 m → D : diamètre	T : le taux d'application (10,2 l/min/m²) selon NFPA 15
Donc la surface $S_{\text{PPL}_{2/3/4/5}} = L \times D$	S : la surface des batteries
$S= 10,55 \times 2,4$	$Q_{\text{eau}}=10,2 \times 25,32 = 252,264 \text{ l/m}$
$S= 25,32 \text{ m}^2$	

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

	$Q_{\text{eau}}=15,37 \text{ m}^3/\text{h}$
--	---

Vue que les batteries PPL2/3/4/5 sont identiques le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de chaque batterie est :

$QPPL2=QPPL3=QPPL4=QPPL5=15,37 \text{ m}^3/\text{h}$
--

- **La batterie PPL6 :**

$L= 6,1 \text{ m} \ \& \ d=1,83 \text{ m}$	$Q_{\text{eau}}=T \times S$
$S_{PPL6} = L \times d$	$Q_{\text{eau}}=10,2 \times 11,16$
$S_{PPL6} = 6,1 \times 1,83$	$Q_{\text{eau}}=113,86 \text{ l/min}$
$S_{PPL6} =11,16 \text{ m}^2$	$Q_{\text{eau}}=6,83 \text{ m}^3/\text{h}$

Le débit d'eau nécessaire pour la batterie PPL6 est :

$QPPL6 = 6.83 \text{ m}^3/\text{h}$

- **La batterie PPL7 :**

$L =4,57 \text{ m} \ \& \ d= 1,48 \text{ m}$	$Q_{\text{eau}}= T \times S$
$S=L \times d$	$Q_{\text{eau}}= 10,2 \times 6,76$
$S= 4,57 \times 1,48$	$Q_{\text{eau}}= 69 \text{ l/min}$
$S= 6,76 \text{ m}^2$	$Q_{\text{eau}}= 4,14 \text{ m}^3/\text{h}$

Le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de la batterie PPL7 est :

$QPPL7 = 4,14 \text{ m}^3/\text{h}$

- **La batterie PPL1 et les batteries test 1/2/3 :**

Batterie PPL1 et les batteries test 1,2,3 ont les mêmes dimensions :

$$L= 6,1 \ \& \ d=1,68$$

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

Calcule du besoin d'eau et les surfaces des batteries :

L= 6,1 & d=1,68	$Q_{\text{eau}} = T \times S$
$S=L \times d$	$Q_{\text{eau}}=10,2 \times 10,25$
$S=6,1 \times 1,68$	$Q_{\text{eau}}=104,5 \text{ l/min}$
$S= 10,25 \text{ m}^2$	$Q_{\text{eau}}=6,27 \text{ m}^3/\text{h}$

Vue que la batterie PPL1 et les batteries test 1,2 et 3 sont identique, le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de chaque batterie est :

$$Q_{\text{PPL1}}=Q_{\text{BT1}}=Q_{\text{BT2}}=Q_{\text{BT3}}=6,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tableau 6 : les débits d'eau nécessaire pour les batteries (séparateur)

Équipement	PPL2/3/4/5	PPL6	PPL7	PPL1	Batterie test 1/2/3
Débit d'eau (m3/h)	15,37	6,83	4,14	6,27	6,27

11 Calcule et dimensionnement des conduites :

Dimensionnement de la conduite principale :

$Q=V \times S$	Q : le débit d'eau (le débit d'eau)
$S= V \times \pi \times d^2/4$	S :la surface ; d : le diamètre de conduite
$Q= V \times \pi \times d^2/4$	V :la vitesse moyenne de circulation des liquides dans les conduites (1,5 m/s à 3,5 m/s)
$d^2 = \frac{4Q}{\pi \times V}$	

En prend $V = 3,5 \text{ m/s}$

$d^2 = \frac{4 \times 0,5311}{3,14 \times 3,5}$	$Q=0,5311 \text{ m}^3/\text{s}$
$d^2=0,1933 \text{ m}^2$	$V=3,5 \text{ m/s}$
$d= \sqrt{0,1933}=0,44 \text{ m} =44 \text{ cm}$	$\pi=3,14$

Chapitre 3 : Calcul et dimensionnement du réseau anti-incendie

$V = \frac{44}{2,53}$	$V = 18''$
-----------------------	------------

Le diamètre de la conduite principale est : **18''**

Calcul du dimensionnement de la conduite des ballons atmosphérique 1 et 2 :

$d^2 = \frac{4Q}{\pi \times V}$	$d = \sqrt{0,0005} = 0,022 \text{ m}$
$Q_B = 5,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{h}$	$d = 2,23 \text{ cm}$
$d^2 = 4 \times 0,0015 / 3,14 \times 3,5$	$V = 2,23 / 2,53 = \frac{2,23}{2,53} = 1''$
$d^2 = 0,0005 \text{ m}^2$	$V = 1''$

Le diamètre de la conduite des ballons ATM est **1''** pour chaque ballon.

Calcul du dimensionnement des conduites vers les chambres à mousse :

- **Les bacs R21, R22, R23 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$	$d = \sqrt{0,005} = 0,07 \text{ m} = 7 \text{ cm}$
$Q_{\text{mousse}} = 49,77 \text{ m}^3/\text{h}$	$V = d / 2,53$
$Q_{\text{mousse}} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$	$V = 7 / 2,53$
$d^2 = \frac{4 \times 0,013}{3,5 \times 3,14} = 0,005 \text{ m}^2$	$V = 3''$

Vue que les bac R21, R22 et R23 sont identiques Le diamètre de conduite pour les chambres à mousse pour chaque bac est : **3''**

- **Les bacs R1 et R2 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$	$d = \sqrt{0,0076} = 0,087 \text{ m} = 8,7 \text{ cm}$
$Q_{\text{mousse}} = 77,24 \text{ m}^3/\text{h} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$	$V = d / 2,53$
	$V = 8,7 / 2,53$

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

$d^2 = \frac{4 \times 0,021}{3,5 \times 3,14} = 0,0076 \text{ m}^2$	$Y = 6''$
---	-----------

Vue que les bacs R1 et R2 sont identiques le diamètre de la conduite vers les chambres à mousse pour chaque bac est : **6''**

- **Les bacs R3 et R4 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$	$d = \sqrt{0,00069} = 0,026 \text{ m} = 2,6 \text{ cm}$
$Q_{\text{mousse}} = 6,96 \text{ m}^3/\text{h}$	$Y = d/2,53$
$Q_{\text{mousse}} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{s}$	$Y = 2,6/2,53$
$d^2 = \frac{4 \times 0,0019}{3,5 \times 3,14} = 0,00069 \text{ m}^2$	$Y = 1''$

Vue que les bacs R3 et R4 sont identiques le diamètre de conduite vers les chambres à mousse pour chaque bac est : **1''**

- **Le bac R5 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$	$d = \sqrt{0,017} = 0,13 \text{ m} = 13 \text{ cm}$
$Q_{\text{mousse}} = 173,8 \text{ m}^3/\text{h}$	$Y = d/2,53$
$Q_{\text{mousse}} = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$	$Y = 13/2,53$
$d^2 = \frac{4 \times 0,048}{3,5 \times 3,14} = 0,017 \text{ m}^2$	$Y = 6''$

Le diamètre de la conduite vers les chambres à mousse pour le bac R5 est : **6''**

Calcul du dimensionnement des demi-couronnes de refroidissement :

Remarque : on calcule juste le dimensionnement de la demi-couronne parce que seulement la partie exposée à l'incendie (exposé aux rayons thermique) est considéré dans les calcule pour optimiser le débit d'eau d'extinction.

Chapitre 3 : Calcul et dimensionnement du réseau anti-incendie

• **R21, R22 et R23 :**

$d^2 = \frac{4Q}{\pi \times V}$ $Q_{R21}/2 = 124/2 = 62 \text{ m}^3/\text{h} = 0,017 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,017}{3,5 \times 3,14}$ $d^2 = 0,006 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,006} = 0,077 \text{ m}$ $d = 7,7 \text{ cm}$ $V = 7,7 / 2,53$ $V = 3''$
---	--

Le diamètre de la conduite des demi couronnes de refroidissement de R21, R22 et R23 est : **3 ''**

• **R1 et R2 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$ $Q/2 = 56,52/2 = 28,26 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00785 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,00785}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,0028 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,0028}$ $d = 0,053 \text{ m} = 5,3 \text{ cm}$ $V = 5,3 / 2,53 = 2$ $V = 2''$
---	---

Vue que les bacs R1 et R2 sont identiques le diamètre de demi couronne de chaque bac est : **2 ''**

• **R3 et R4 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$ $Q/2 = 16,95/2 = 8,475$ $d^2 = \frac{4 \times 0,0023}{3,14 \times 3,5} ; d^2 = 0,0008 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,0008}$ $d = 0,0282 \text{ m} = 2,82 \text{ cm}$ $V = 2,82 / 2,53 = 1,11$ $V = 1''\frac{1}{2}$
--	--

Le diamètre des demi couronne des bacs R3 et R4 est : **V=1''½**

• **Le bac R5 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$	$d^2 = 0,0042 \text{ m}^2$ $d = \sqrt{0,0042} = 0,064 \text{ m} = 6,4 \text{ cm}$
---	---

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

$Q/2 = 84,78/2 = 42,39 \text{ m}^3/\text{h} = 0,011775 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,011775}{3,14 \times 3,5}$	$V = 6,4 / 2,53 = 2,52$ $V = 3''$
--	-----------------------------------

Le diamètre de demi couronne de R5 : **3''**

Calcule de dimensionnement des conduites vers les déversoirs à mousse :

Remarque : toutes les conduites vers les déversoirs à mousse vont diviser sur deux conduites

- **R21, R22 et R23 :**

$d^2 = \frac{4Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$ $Q_{\text{mousse}} = 1648 / 2 = 824 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{mousse}} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,22}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,08 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,08}$ $d = 0,28 \text{ m} = 28 \text{ cm}$ $V = d / 2,53$ $V = 28 / 2,53$ $V = 12''$
--	--

Vue que les bacs R21, R22 et R23 sont identiques le diamètre de chaque conduite vers les déversoirs à mousse est : **12''**

- **R1 et R2 :**

$d^2 = \frac{4Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$ $Q_{\text{mousse}} = 278 / 2 = 139 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{mousse}} = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,038}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,0138 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,0138}$ $d = 0,117 \text{ m} = 11,7 \text{ cm}$ $V = d / 2,53$ $V = 11,7 / 2,53$ $V = 4,62$ $V = 4''$
---	---

Vue que les cuvettes des deux bacs R1 et R2 sont identiques le diamètre de deux conduites vers les déversoirs à mousse de chaque cuvette est : **4''**

- **R3 et R4 :**

Remarque : les bacs R3 et R4 ont une cuvette commune.

$d^2 = \frac{4Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$ $Q_{\text{mousse}} = 51 / 2 = 25,5 \text{ m}^3/\text{h}$	$d = \sqrt{0,05}$ $d = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$
--	---

Chapitre 3 : Calcul et dimensionnement du réseau anti-incendie

$Q_{\text{mousse}} = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,007}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,0025$	$V = d/2,53$ $V = 5 / 2,53 = 1,97$ $V = 2''$
--	--

Le diamètre de deux conduites vers les déversoirs à mousse de la cuvette des bacs R3 et R4 est : **2''**

- **Le bac R5**

$d^2 = \frac{4Q_{\text{mousse}}}{\pi \times V}$ $Q_{\text{mousse}} = 656 / 2 = 328 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{mousse}} = 0,091 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,091}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,033 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,033}$ $d = 0,18 \text{ m} = 18 \text{ cm}$ $V = 18/2,53 = 7,11$ $V = 8''$
--	---

Le diamètre des deux conduites vers les déversoirs à mousse de cuvette de R5 est : **8''**

Calcul de dimensionnement de conduite des batteries :

- **Les batteries PPL2/3/4/5 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$ $Q = 15,37 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0042 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,0042}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,0016 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,0016} = 0,04 = 4 \text{ cm}$ $d = 4 \text{ cm}$ $V = 4/2,53 = 1,58 = 2''$ $V = 2''$
--	---

Le diamètre de conduite de chaque batterie (PPL2/3/4/5) est : **2''**

- **Batterie PPL6 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$ $Q = 6,83 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{s}$	$d = \sqrt{0,0006} = 0,026 \text{ m} = 2,6 \text{ cm}$ $d = 2,6 \text{ cm}$ $V = 2,6 / 2,53 = 1,02''$
--	---

Chapitre 3 : Calcule et dimensionnement du réseau anti-incendie

$d^2 = \frac{4 \times 0,0019}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,0006 \text{ m}^2$	$V = 1''$
--	-----------

Le diamètre de la conduite de batterie PPL6 est : **1''**

- **Batterie PPL7 :**

$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$ $Q = 4,14 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00115 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,00115}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,00041 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,00041} = 0,02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$ $d = 2 \text{ cm}$ $V = 2 / 2,53$ $V = 1''$
---	--

Le diamètre de la conduite de batterie PPL7 est = **1''**

- **Batterie PPL1 et les batteries test :**

$Q = 6,27 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0017 \text{ m}^3/\text{s}$ $d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$ $d^2 = \frac{4 \times 0,0017}{3,14 \times 3,5}$ $d^2 = 0,0006 \text{ m}^2$	$d = \sqrt{0,0006} = 0,0244 \text{ m} = 2,44 \text{ cm}$ $d = 2,44 \text{ cm}$ $V = 2,44 / 2,53 = 0,96$ $V = 1''$
--	---

Donc le diamètre de la conduite de chaque batterie (PPL1 et les batteries test 1,2 et 3) est : **1''**

Le diamètre de la conduite principale est de : **18''**

Tableau 7 : Diamètres des couronnes de refroidissement par équipement

Diamètres des couronnes de refroidissement par équipement							
Bac R21	Bac R22	Bac R23	Bac R1	Bac R2	Bac R3	Bac R4	Bac R5
4"	4"	4"	3"	3"	2"	2"	4"
PPL 01	PPL 02	PPL 03	PPL04	PPL05	PPL06	PPL07	P-test 1,2,3
1"	2"	2"	2"	2"	1"	1"	1"

Tableau 8 : Diamètres des conduites vers les chambres à mousse par équipement

Diamètres des conduites vers les chambres à mousse par équipement							
Bac R21	Bac R22	Bac R23	Bac R1	Bac R2	Bac R3	Bac R4	Bac R5
3"	3"	3"	6"	6"	1"½	1"½	6"

Tableau 9 : Diamètres des conduites vers déversoirs à mousse par équipement

Diamètres des conduites vers déversoirs à mousse par équipement							
Bac R21	Bac R22	Bac R23	Bac R1	Bac R2	Bac R3	Bac R4	Bac R5
12"	12"	12"	4"	4"	2"	2"	8"

12 Mise en place des dispositifs générateurs de mousse « chambre a mousse » pour chaque bac :

Calcule de la hauteur de la digue des bacs R21, R22 et R23 :

$H_d = S_{joint} / (\pi \times D)$	$H_d = 68 / (3,14 \times 43,8)$
H_d : la hauteur de la digue	$H_d = 0,5m$
S_{joint} : la surface de joint	$H_d = 500 mm$
D : diamètre de bac	

Le nombre de chambre a mousse nécessaire pour la protection du bac de stockage dépend du diamètre de bac, pour la protection du joint de bac, le nombre des chambres à mousse a été déterminé en fonction des dimensions du bac et de la hauteur de la digue du toit flottant : pour les bacs avec une digue d'hauteur de 500 mm il faut prévoir une chambre a mousse tous les 24 m en accord à la **norme NFPA 11** (paragraphe 5.3.5.3). (NFPA 11, 2021)

Le nombre des chambres a mousse = la circonférence /24

Le nombre des chambres a mousse = $137,9/24=6$

Six (6) chambres à mousse devront être installés au niveau du joint de chaque bac R21, R22 et R23) avec débit de **21 m³/h**

- **Le nombres des chambres a mousse pour les bacs R1 et R2**

Remarque : Le nombre de chambre a mousse nécessaire pour la protection des bacs de stockage à toit fixe dépend du diamètre des bacs en accord à la norme **NFPA 11** (paragraphe 5.2.5.2.1). (NFPA 11, 2021)

Tableau 10 : le nombre de chambre a mousse nécessaire.

Diamètre du bac (m)	Nombre de chambres à mousse
<24	1
24<d<36	2
36<d<42	3
42<d<48	4
48<d<54	5
54<d<60	6

Le diamètre des bacs de stockage R1 et R2 est **d = 20 m**, alors le nombre de chambre a mousse qui devra être installée est seulement une chambre a mousse dans chaque bac avec un débit de : **78 m³/h ;**

- **Le nombres des chambres a mousse pour les bacs R3 et R4 :**

Le diamètre des bacs de stockage R3 et R4 est **d = 6 m**, alors le nombre de chambre a mousse qui devra être installée dans chaque bac est seulement une chambre a mousse avec un débit de : **7 m³/h**

- **Le nombres de chambre a mousse pour R5 :**

Le diamètre de bac de stockage R5 est **d=30 m**, alors le nombre de chambre a mousse qui devra être installée est deux chambres à mousse avec un débit de :**87 m³/h**

12.1 Mise en place des pulvérisateurs à eau

L'espacement des pulvérisateurs (verticalement ou horizontalement) ne doit pas dépasser 3m en accord la norme **NFPA 11** (paragraphe 7.1.8). (NFPA 11, 2021)

En prend l'espacement de 1m entre les pulvérisateurs

- **Les bacs R21, R22 et R23**

Circonférence = 137,9 m

N de pulvérisateur = 138

Le nombre de pulvérisateur qui devra être installés dans chaque bac est : **138 pulvérisateurs** de débit : **0,9 m³/h**

- **Les bacs R1 et R2 :**

Circonférence = 62,8 m

N de pulvérisateur = 63

Le nombre de pulvérisateur qui devra être installés dans chaque bac est : **63 pulvérisateurs** de débit : **0,89 m³/h**

- **Les bacs R3 et R4 :**

Circonférence = 18,84 m

N de pulvérisateur = 19

Le nombre de pulvérisateur qui devra être installés dans chaque bac est : **19 pulvérisateurs** de débit : **0,9 m³/h**

- **Bac R5**

Circonférence = 94,2 m

N de pulvérisateur = 94

Le nombre de pulvérisateur qui devra être installés dans le bac est : **94 pulvérisateurs** de débit : **0,9 m³/h**

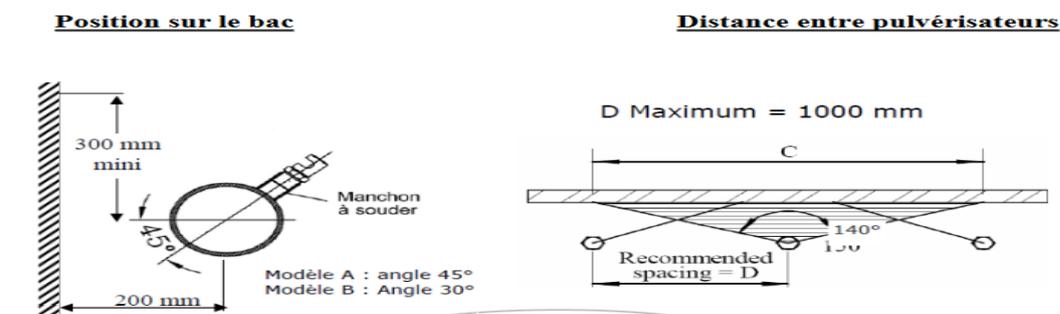


Figure 16 : schéma de l'emplacement des pulvérisateurs

12.2 Mise en place des déversoirs à mousse dans les cuvettes de rétention :

- **Les bac R21/22/23 :**

$$Q_{\text{mousse}} = 1648 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S = 6700 \text{ m}^2$$

Le nombre de déversoir a mousse qui devra être installés dans chaque cuvette est : douze (12) déversoir a mousse de débit : **137 m³/h**

- **Les bacs R1/R2**

$$Q_{\text{mousse}} = 1130 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S = 278 \text{ m}^2$$

Le nombre de déversoir a mousse qui devra être installés dans chaque cuvette est : **huit (8)** déversoirs de débit : **34,75 m³/h**

- **Les bacs R3/R4**

Les bacs R3/R4 sont une cuvette de rétention commune

$$Q_{\text{mousse}} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S = 207 \text{ m}^2$$

Le nombre de déversoir a mousse qui devra être installés dans la cuvette de rétention est : **quatre (4)** déversoirs de débit **51,75 m³/h**

12.3 Mise en place des accessoires du réseau incendie :

- 1- **Les manomètres** de pression devront être répartis tous les 300 m du réseau incendie au plus près des poteaux incendie.
- 2- **Les poteaux incendie** doivent être installés avec une distance de 60 m aux zones d'utilités et 40 m aux zones de traitements et de stockage.
- 3- **Les armoires à tuyaux incendie** doivent être installés à proximité de chaque poteau incendie.
- 4- **Les RIA (robinet d'incendie armé)** doivent être installés au niveau des buildings et ateliers ;
- 5- **Le système déluge** installés pour protéger les séparateurs et les bacs de stockage ;

Comparaison entre le réseau actuel et mon réseau :

Tableau 11 : tableau récapitulatif des résultats des calculs

Paramètres du réseau	Réglementaire	Actuelle
Réserve d'eau m ³	23000	4000
quantité d'émulseur m ³	33	10
diamètre de réseau	18"	10"

Tableau 12 : tableau récapitulatif des diamètres des demi couronne de refroidissement

Emplacement		réglementaire	actuelle
diamètre de couronne de refroidissement	bac R21	3"	6"
	bac R22	3"	6"
	bac R23	3"	6"
	Bac R1	2"	4"
	Bac R2	2"	4"
	bac R3	1"	4"
	Bac R4	1"	4"
	bac R5	2"	6"

Remarque : les bacs de stockage sont protégés par une seule couronne de refroidissement, a notre étude on a opté deux demi-couronnes et ce pour l'optimisation de consommation d'eau.

Tableau 13 : tableau de dimensionnement pour le réseau mousse

emplacement		réglementaire	actuelle
conduite principale d'USD vers la zone de stockage		12"	8"
dimensionnement de conduite principale vers la colonne montante des chambres a mousse	R21	3"	6"
	R22	3"	6"
	R23	3"	6"
	R1	4"	4"
	R2	4"	4"
	R3	1"	4"
	R4	1"	4"
	R5	6"	6"
conduite pour déversoir a mousse sur compartiment de cuvette de rétention	R21	12"	6"
	R22	12"	6"
	R23	12"	6"
	R1	4"	4"
	R2	4"	4"
	R3	2"	4"
	R4	2"	4"
	R5	8"	6"

Tableau 14 : tableau de dimensionnement des conduites de refroidissement des séparateurs.

emplacement		réglementaire	actuelle
Dimensionnement de conduite de refroidissement des séparateur	PPL1	1"	N'existe pas
	PP2	2"	
	PP3	2"	
	PP4	2"	
	PPL5	2"	
	PPL6	1"	
	PPL7	1"	
	P-test 1/2/3	1"	

Conclusion :

À la suite de notre inspection du réseau anti-incendie du centre de production CP, nous avons constaté plusieurs anomalies indiquant un sous-dimensionnement du réseau actuel. Pour remédier à cela, nous avons entrepris une étude visant à redimensionner le réseau conformément aux normes internationales. Cette étude inclut des calculs hydrauliques précis pour déterminer les débits et pressions nécessaires, ainsi que la disposition optimale des équipements anti-incendie. Nos résultats confirment la nécessité de mettre en place un réseau conforme pour assurer une protection efficace contre les incendies.

NB : Une étude de conformité du réseau en question a été déjà lancé.

Chapitre 4 :
Simulation avec logiciel pipe flow expert

Simulation avec logiciel pipeFlow :

1 Quelques logiciels de simulation :

- **Hydraulique Incendie:**

Logiciel français spécialisé dans la simulation hydraulique des réseaux incendie. Il permet de réaliser des études complètes et de déterminer les diamètres de tuyauterie adéquats pour garantir l'efficacité du système.

- **FireFlow:**

Un outil intuitif et puissant utilisé pour modéliser et analyser les systèmes de gicleurs automatiques. Il permet de prédire le débit d'eau et la pression à chaque point du réseau et de valider la conformité aux normes.

- **Autosprink:**

Ce logiciel performant est dédié à la conception et à la simulation des systèmes de gicleurs automatiques. Il intègre une bibliothèque complète d'éléments et permet de réaliser des analyses de performance détaillées.

Logiciels de simulation hydraulique généralistes:

- **Flowmaster:**

Un outil complet de simulation de réseaux fluides, capable de modéliser des systèmes complexes et d'analyser leur comportement. Il est utilisé dans de nombreux domaines, notamment l'industrie, l'énergie et la construction.

Informations complémentaires:

- **OpenFOAM:**

Il s'agit d'un logiciel open source de mécanique des fluides numérique (CFD) qui peut être utilisé pour simuler des écoulements complexes, y compris les incendies. Cependant, il nécessite une expertise technique plus poussée.

2 Pipe Flow Expert :

Pipe Flow Expert est un logiciel de simulation hydraulique intuitif et abordable, utilisé pour analyser et concevoir des réseaux de tuyauterie dans divers domaines, y compris la lutte contre l'incendie. Il simplifie le processus de conception en fournissant une interface visuelle conviviale et des outils d'analyse puissants.

Voici les étapes clés pour utiliser Pipe Flow Expert:

- a. Créer un nouveau projet: Définissez les unités de mesure, la gravité et le type de fluide que vous souhaitez simuler (eau, huile, etc.).
- b. Construire le réseau: Utilisez les outils de dessin pour ajouter des tuyaux, des raccords, des pompes, des vannes et d'autres composants à votre modèle. Vous pouvez importer des plans d'implantation (fichiers DXF ou DWG) pour gagner du temps.

Chapitre 4 : Simulation avec logiciel Pipe Flow expert

- c. Définir les propriétés: Attribuez des diamètres, des longueurs, des rugosités et des coefficients de perte de charge à chaque élément du réseau.
- d. Définir les conditions aux limites: Spécifiez les pressions, les débits ou les hauteurs manométriques aux points d'entrée et de sortie du réseau.
- e. Exécuter la simulation: Pipe Flow Expert calcule les pertes de charge, les débits, les pressions et les vitesses dans chaque section du réseau.
- f. Analyser les résultats: Visualisez les résultats sous forme de tableaux, de graphiques et de schémas colorés pour identifier les zones critiques et optimiser le dimensionnement du système.
- g. Générer des rapports: Créez des rapports complets et personnalisables pour documenter votre conception et partager les résultats avec vos collaborateurs.

2.1 Avantages de Pipe Flow Expert:

- Interface utilisateur conviviale et facile à apprendre.
- Large bibliothèque de composants de tuyauterie et de fluides.
- Calculs précis des pertes de charge et des débits.
- Outils d'analyse et de visualisation des résultats performants.
- Possibilité d'importer et d'exporter des données dans différents formats.

2.2 Limites de Pipe Flow Expert:

* Fonctionnalités limitées pour la simulation d'écoulements complexes, tels que les écoulements diphasiques ou les incendies.

* Moins adapté pour les projets de grande envergure nécessitant des simulations CFD avancées.

En résumé, Pipe Flow Expert est un outil précieux pour les ingénieurs et les techniciens qui souhaitent analyser et concevoir des réseaux de tuyauterie de manière simple et efficace. Il est particulièrement adapté aux applications de lutte contre l'incendie, car il permet de valider la conformité aux normes et de garantir l'efficacité des systèmes de sprinklers et autres équipements hydrauliques.

3 Modélisation du dimensionnement de notre réseau anti incendie avec le logiciel Pipe flow expert :

Le traitement des données issues du dimensionnement de notre réseau incendie, on a obtenu le plan du réseau avec les dimensions réels figure ci-dessous :

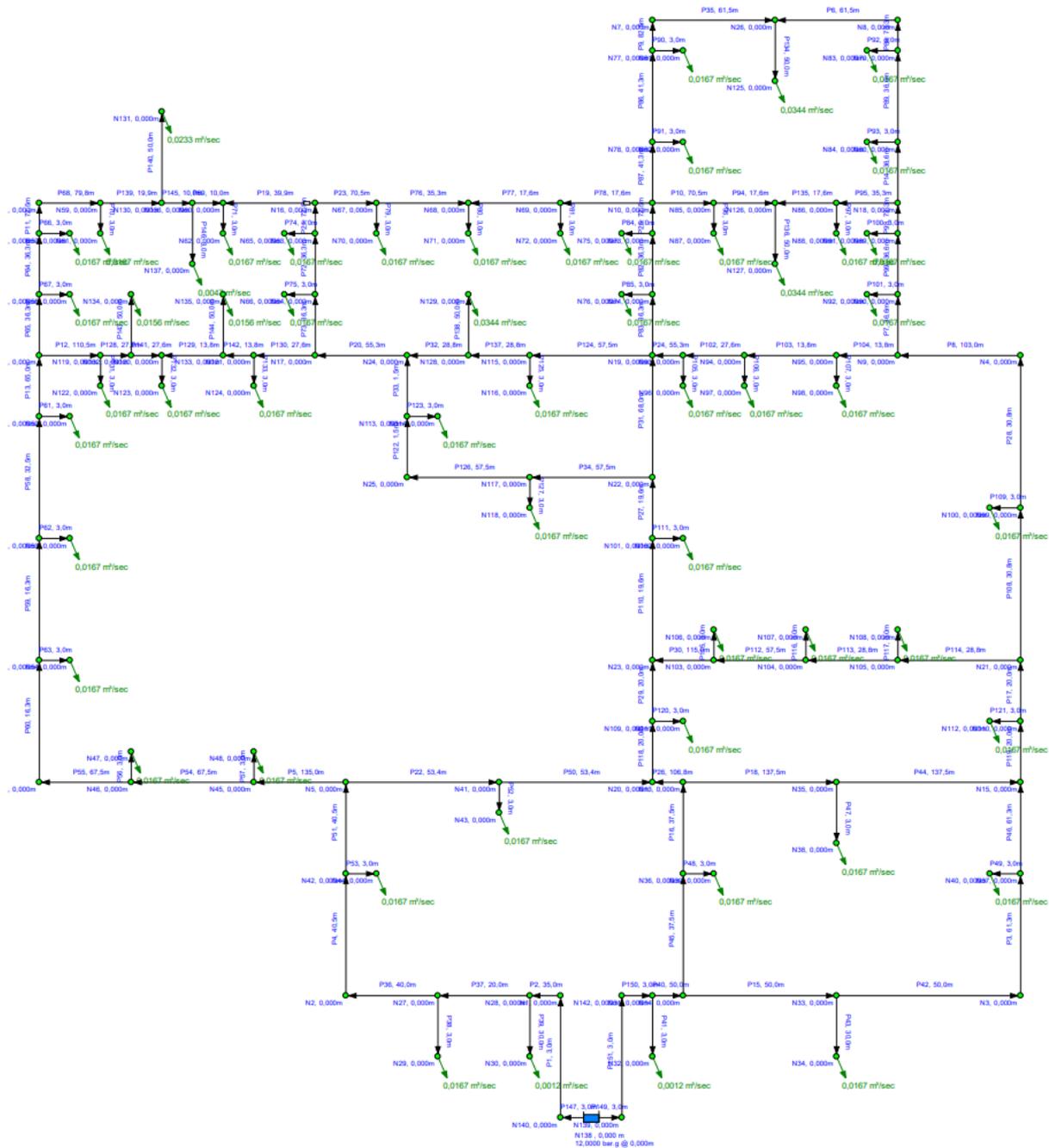


Figure 17 : le schéma du réseau anti incendie simulé avec pipe flow

Tableau 15 : les résultats de simulation de logiciel pipe flow expert

Pipe Id	Pipe Name	Fluid Zone	Material	Inner Diameter	Length	Mass Flow	Vol Flow	Velocity	Friction Loss	Pump Head(+)	dP Total Loss	Entry Pressure	Exit Pressure
	and Notes			mm	m	kg/sec	m³/sec	m/sec	m.hd	m.hd	bar	bar.g	bar.g
1	P1	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	500 mm Steel (ANSI) Sch. 40	477,825	3,048	374,1467	0,3753	2,093	0,019		0,0018	11,9982	11,9963
2	P2	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	500 mm Steel (ANSI) Sch. 40	477,825	35	374,1467	0,3753	2,093	0,217		0,0212	11,9963	11,9751
3	P3	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	61,25	224,4532	0,2251	1,56	0,246		0,0241	11,8767	11,8526
4	P4	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	40,5	356,3004	0,3574	2,476	0,395		0,0386	11,9162	11,8776
5	P5	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	135	202,6314	0,2032	1,408	0,447		0,0437	11,8424	11,7987
6	P6	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	61,5	19,5855	0,0196	0,136	0,003		0,0003	11,7368	11,7365
7	P7	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	36,625	129,7303	0,1301	0,902	0,052		0,0051	11,7535	11,7484
8	P8	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	103	194,2807	0,1949	1,35	0,315		0,0308	11,7843	11,7535
9	P9	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,000000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	82,5	14,7113	0,0148	0,102	0,002		0,0002	11,7369	11,7367

4 Interprétation :

Les résultats de la simulation montrent que la pression d'entrée et la pression de sortie sont toutes les deux très proches de 12 barg, ce qui indique une bonne régulation du réseau. Les pertes de charge sont également très faibles, ce qui signifie que le réseau est bien dimensionné pour répondre aux besoins de débit et de pression.

La vitesse du fluide dans les conduites ne dépasse pas 4,2 m/s, ce qui est dans la plage normale pour les réseaux hydrauliques.

Ces résultats indiquent que mon réseau anti-incendie est bien dimensionné et qu'il est capable de fournir une pression et un débit suffisants pour répondre aux besoins de l'installation.

5 Conclusion :

En conclusion de ce chapitre consacré à la simulation avec le logiciel Pipe Flow Expert, nous avons pu démontrer l'efficacité de cet outil dans l'évaluation et l'optimisation des réseaux de distribution d'eau pour la lutte contre les incendies. Grâce à ses fonctionnalités avancées, nous avons réalisé des calculs hydrauliques précis qui ont permis de déterminer les débits d'eau nécessaires et les pressions requises pour chaque zone de l'installation. La simulation a également facilité l'analyse des distances et de la disposition optimale des équipements anti-incendie, tels que les sprinklers, les poteaux d'incendie et les manomètres de pression. Ces résultats nous permettent d'assurer une couverture complète et efficace du site, renforçant ainsi les mesures de sécurité incendie. L'utilisation de Pipe Flow Expert s'est révélée être un atout précieux pour garantir la fiabilité et l'efficacité de notre système de protection contre les incendies.

Conclusion générale :

Au terme de ce mémoire, il est important de souligner l'importance et la pertinence de l'expérience acquise durant mon stage au sein de centre de production CP Gassi Touil SONATRACH. Ce stage m'a offert une opportunité unique de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises au cours de ma formation académique dans un contexte professionnel concret. L'intégration dans une équipe dynamique et compétente m'a permis de développer non seulement des compétences techniques spécifiques, mais aussi des aptitudes professionnelles telles que la gestion de projet, la communication et la résolution de problèmes.

Le travail réalisé sur le dimensionnement du réseau anti-incendie a été particulièrement enrichissant. Ce projet m'a permis d'aborder des aspects variés et complexes de l'ingénierie de sécurité, en m'obligeant à prendre en compte des paramètres multiples tels que les normes de sécurité, les caractéristiques des installations, et les besoins spécifiques de l'entreprise. Le dimensionnement efficace de ce réseau est crucial pour garantir la protection des infrastructures et des employés, et contribue de manière significative à la prévention des risques dans un environnement industriel potentiellement dangereux.

L'analyse des besoins, la modélisation du réseau, la sélection des équipements et la vérification de leur conformité aux standards internationaux ont constitué des étapes fondamentales de ce projet. Ces différentes phases m'ont permis de consolider mes connaissances en hydraulique, en mécanique des fluides et en gestion des risques industriels. Par ailleurs, la collaboration avec les différentes parties prenantes, qu'il s'agisse de collègues, de fournisseurs ou de consultants externes, m'a permis d'appréhender les enjeux de la coordination et de la communication dans la réussite d'un projet d'ingénierie.

En conclusion, cette expérience professionnelle et académique m'a permis de confirmer mon intérêt pour le domaine de la sécurité industrielle et de renforcer ma conviction quant à l'importance de la rigueur et de l'innovation dans l'ingénierie de sécurité. Je suis désormais mieux préparé à relever les défis professionnels futurs et à contribuer de manière significative à la protection des personnes et des biens au sein de l'industrie pétrolière ou dans d'autres secteurs industriels.

Ce mémoire et le stage qui l'accompagne constituent donc une étape déterminante dans mon parcours, marquant la transition entre la formation théorique et l'application pratique, et ouvrant la voie à une carrière prometteuse dans le domaine de l'ingénierie de sécurité.

Références

- BIOEX. (s.d.). Récupéré sur <https://www.bio-ex.com/fr/expertises/bas-moyen-haut-foisonnement/>
- CCHST . (2024, mai 06). Récupéré sur centre canadienne d'hygiène et sécurité au travail : <http://www.cchst.com>
- Goldman, L. &. (2011). *Goldman's Cecil Medicine* .
- inc. (2024, mai 06). *inc.* Récupéré sur <https://www.e-cancer.fr/Dictionnaire/F/facteur-de-risque>
- INE. (2024, mai 06). Récupéré sur <https://www.ineris.fr/fr/risques/ineris-risques/ineris-chaine-maitrise-risques>
- INRS. (2022).
- INRS. (s.d.). *institut national de recherche et de sécurité* . Récupéré sur <https://www.inrs.fr/>
- ISO 12100-1. (s.d.).
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (s.d.). *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire* .
- Last, J. M. (2001). *A Dictionary of Epidemiology (4th ed.)*. Oxford University Press.
- Management, I. 3. (2018). ISO 31000:2018. Risk Management. ISO 31000:2018. Risk Management.
- Ministère du Travail, d. I. (2024, mai 18). ALGER , Algérie .
- NFPA 11. (2021).
- NFPA 13. (s.d.).
- NFPA 15. (s.d.).
- NFPA 16. (s.d.).
- NFPA 20. (s.d.).
- NFPA 22. (s.d.).
- NFPA 30 . (s.d.).
- Yvon Pesqueux. (2011). *Management & Avenir*,.

ANNEXES

Tableau 16 : les résultats de simulation avec logiciel pipe flow expert

Pipe Id	Pipe Name	Fluid Zone	Material	Inner Diameter	Length	Mass Flow	Vol Flow	Velocity	Friction Loss	Entry Fitt. Loss	Exit Fitt. Loss	Comp. Loss	Ctrl Valve Loss	Pump Head (+)	dP Total Loss	Entry Pressure	Exit Pressure	Entry Elevation	Exit Elevation
	and Notes			mm	m	kg/sec	m³/sec	m/sec	m.hd	m.hd	m.hd	m.hd	m.hd	m.hd	bar	bar.g	bar.g	m	m
1	P1	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	500 mm Steel (ANSI) Sch. 40	477,825	3,048	374,1467	0,3753	2,093	0,019	none	none	none	none		0,0018	11,9982	11,9963	0	0
2	P2	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	500 mm Steel (ANSI) Sch. 40	477,825	35	374,1467	0,3753	2,093	0,217	none	none	none	none		0,0212	11,9963	11,9751	0	0
3	P3	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	61,25	224,4532	0,2251	1,56	0,246	none	none	none	none		0,0241	11,8767	11,8526	0	0
4	P4	Water (25°C at 0,0 bar.g,	450 mm Steel	428,65	40,5	356,3004	0,3574	2,476	0,395	none	none	none	none		0,0386	11,9162	11,8776	0	0

		density 997,00000 0 kg/m³)	(ANS I) Sch. 40																
5	P5	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	135	202,6 314	0,20 32	1,408	0,44 7	non e	no ne	non e	non e		0,04 37	11,84 24	11,79 87	0	0
6	P6	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	61,5	19,58 55	0,01 96	0,136	0,00 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 03	11,73 68	11,73 65	0	0
7	P7	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,6 25	129,7 303	0,13 01	0,902	0,05 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 51	11,75 35	11,74 84	0	0
8	P8	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	103	194,2 807	0,19 49	1,35	0,31 5	non e	no ne	non e	non e		0,03 08	11,78 43	11,75 35	0	0
9	P9	Water (25°C at	450 mm	428,6 5	82,5	14,71 13	0,01 48	0,102	0,00 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 02	11,73 69	11,73 67	0	0

		0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m ³)	Steel (ANS I) Sch. 40																
10	P10	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m ³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	70,5	24,05 14	0,02 41	0,167	0,00 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 04	11,73 82	11,73 78	0	0
11	P11	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m ³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	72,5	44,82 14	0,04 5	0,312	0,01 4	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 18	11,74 04	0	0
12	P12	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m ³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	110, 5	41,26 07	0,04 14	0,287	0,01 9	non e	no ne	non e	non e		0,00 19	11,74 5	11,74 32	0	0
13	P13	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m ³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	65	119,3 819	0,11 97	0,83	0,07 9	non e	no ne	non e	non e		0,00 78	11,75 28	11,74 5	0	0

14	P14	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,6 25	52,88 53	0,05 3	0,368	0,01	non e	no ne	non e	non e		0,00 1	11,73 85	11,73 76	0	0
15	P15	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	50	241,1 031	0,24 18	1,676	0,23 1	non e	no ne	non e	non e		0,02 25	11,91 89	11,89 64	0	0
16	P16	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	37,5	313,7 549	0,31 47	2,181	0,28 6	non e	no ne	non e	non e		0,02 8	11,88 8	11,86	0	0
17	P17	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	20	292,6 427	0,29 35	2,034	0,13 4	non e	no ne	non e	non e		0,01 31	11,81 73	11,80 42	0	0
18	P18	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	137, 5	118,1 392	0,11 85	0,821	0,16 5	non e	no ne	non e	non e		0,01 61	11,86	11,84 39	0	0

19	P19	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	39,8 75	16,39 44	0,01 64	0,114	0,00 1	0	0	non e	non e		0,00 02	11,73 88	11,73 86	0	0
20	P20	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	55,2 5	118,1 788	0,11 85	0,821	0,06 6	non e	no ne	non e	non e		0,00 65	11,74 99	11,74 35	0	0
21	P21	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	72,5	45,08 36	0,04 52	0,313	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 02	11,73 88	0	0
22	P22	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	53,3 75	137,0 191	0,13 74	0,952	0,08 4	non e	no ne	non e	non e		0,00 83	11,84 24	11,83 42	0	0
23	P23	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	70,5	28,68 92	0,02 88	0,199	0,00 6	non e	no ne	non e	non e		0,00 06	11,73 88	11,73 82	0	0

24	P24	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	55,2 5	14,60 07	0,01 46	0,101	0,00 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 01	11,75 24	11,75 22	0	0
25	P25	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	72,5	93,32 31	0,09 36	0,649	0,05 6	non e	no ne	non e	non e		0,00 55	11,74 37	11,73 82	0	0
26	P26	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	106, 75	195,6 157	0,19 62	1,36	0,33 1	non e	no ne	non e	non e		0,03 23	11,86	11,82 77	0	0
27	P27	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	19,6 25	314,4 474	0,31 54	2,186	0,15	non e	no ne	non e	non e		0,01 47	11,78 27	11,76 8	0	0
28	P28	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	30,7 5	194,2 807	0,19 49	1,35	0,09 4	non e	no ne	non e	non e		0,00 92	11,79 35	11,78 43	0	0

29	P29	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	20	299,3 35	0,30 02	2,08	0,13 9	non e	no ne	non e	non e		0,01 36	11,81 26	11,79 89	0	0
30	P30	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	115	31,76 24	0,03 19	0,221	0,01 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 12	11,80 01	11,79 89	0	0
31	P31	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	68	169,8 003	0,17 03	1,18	0,16 1	non e	no ne	non e	non e		0,01 58	11,76 8	11,75 22	0	0
32	P32	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	28,7 5	6,831 5	0,00 69	0,047	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,75	11,74 99	0	0
33	P33	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	1,52 4	111,3 473	0,11 17	0,774	0,00 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 02	11,75 01	11,74 99	0	0

34	P34	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	57,5	144,6 471	0,14 51	1,005	0,10 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 98	11,76 8	11,75 81	0	0
35	P35	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	61,5	14,71 13	0,01 48	0,102	0,00 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 02	11,73 67	11,73 65	0	0
36	P36	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	40	356,3 004	0,35 74	2,476	0,39	non e	no ne	non e	non e		0,03 81	11,95 43	11,91 62	0	0
37	P37	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	20	372,9 503	0,37 41	2,592	0,21 3	non e	no ne	non e	non e		0,02 08	11,97 51	11,95 43	0	0
38	P38	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,95 43	11,95 29	0	0

39	P39	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	100 mm Steel (ANS I) Sch. 40	102,2 6	30	1,196 4	0,00 12	0,146	0,00 9	non e	no ne	non e	non e		0,00 09	11,97 51	11,97 42	0	0
40	P40	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	500 mm Steel (ANS I) Sch. 40	477,8 25	50	571,5 078	0,57 32	3,197	0,70 1	non e	no ne	non e	non e		0,06 85	11,98 74	11,91 89	0	0
41	P41	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	100 mm Steel (ANS I) Sch. 40	102,2 6	3,04 8	1,196 4	0,00 12	0,146	0,00 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 01	11,98 74	11,98 73	0	0
42	P42	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	50	224,4 532	0,22 51	1,56	0,20 1	non e	no ne	non e	non e		0,01 97	11,89 64	11,87 67	0	0
43	P43	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	30	16,64 99	0,01 67	0,896	0,14 6	non e	no ne	non e	non e		0,01 43	11,89 64	11,88 21	0	0

44	P44	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	137, 5	101,4 893	0,10 18	0,705	0,12 4	non e	no ne	non e	non e		0,01 21	11,84 39	11,83 18	0	0
45	P45	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	37,5	330,4 048	0,33 14	2,296	0,31 6	non e	no ne	non e	non e		0,03 09	11,91 89	11,88 8	0	0
46	P46	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	61,2 5	207,8 033	0,20 84	1,444	0,21 3	non e	no ne	non e	non e		0,02 08	11,85 26	11,83 18	0	0
47	P47	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,84 39	11,84 25	0	0
48	P48	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,88 8	11,88 66	0	0

49	P49	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,85 26	11,85 12	0	0
50	P50	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	53,3 75	120,3 692	0,12 07	0,837	0,06 6	non e	no ne	non e	non e		0,00 65	11,83 42	11,82 77	0	0
51	P51	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	40,5	339,6 505	0,34 07	2,361	0,36	non e	no ne	non e	non e		0,03 52	11,87 76	11,84 24	0	0
52	P52	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,83 42	11,83 27	0	0
53	P53	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,87 76	11,87 62	0	0

54	P54	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	67,5	185,9 815	0,18 65	1,293	0,19	non e	no ne	non e	non e		0,01 86	11,79 87	11,78 01	0	0
55	P55	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	67,5	169,3 316	0,16 98	1,177	0,15 9	non e	no ne	non e	non e		0,01 56	11,78 01	11,76 46	0	0
56	P56	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,78 01	11,77 87	0	0
57	P57	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,79 87	11,79 72	0	0
58	P58	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	32,5	136,0 318	0,13 64	0,945	0,05 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 5	11,75 77	11,75 28	0	0

59	P59	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	16,2 5	152,6 817	0,15 31	1,061	0,03 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 31	11,76 08	11,75 77	0	0
60	P60	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	16,2 5	169,3 316	0,16 98	1,177	0,03 8	non e	no ne	non e	non e		0,00 37	11,76 46	11,76 08	0	0
61	P61	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,75 28	11,75 13	0	0
62	P62	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,75 77	11,75 63	0	0
63	P63	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,76 08	11,75 94	0	0

64	P64	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,2 5	61,47 13	0,06 17	0,427	0,01 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 13	11,74 3	11,74 18	0	0
65	P65	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,2 5	78,12 12	0,07 84	0,543	0,02	non e	no ne	non e	non e		0,00 2	11,74 5	11,74 3	0	0
66	P66	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 18	11,74 03	0	0
67	P67	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 3	11,74 16	0	0
68	P68	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	79,7 5	44,82 14	0,04 5	0,312	0,01 6	non e	no ne	non e	non e		0,00 16	11,74 04	11,73 88	0	0

69	P69	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	9,96 9	0,255 5	0,00 03	0,002	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,73 86	11,73 86	0	0
70	P70	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 88	11,73 74	0	0
71	P71	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 86	11,73 72	0	0
72	P72	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,2 5	61,73 35	0,06 19	0,429	0,01 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 13	11,74 15	11,74 02	0	0
73	P73	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,2 5	78,38 34	0,07 86	0,545	0,02	non e	no ne	non e	non e		0,00 2	11,74 35	11,74 15	0	0

74	P74	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 02	11,73 88	0	0
75	P75	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 15	11,74	0	0
76	P76	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	35,2 5	12,03 93	0,01 21	0,084	0,00 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 01	11,73 82	11,73 81	0	0
77	P77	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	17,6 25	4,610 6	0,00 46	0,032	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,73 81	11,73 81	0	0
78	P78	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	17,6 25	21,26 05	0,02 13	0,148	0,00 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 01	11,73 82	11,73 81	0	0

79	P79	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 82	11,73 67	0	0
80	P80	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 81	11,73 67	0	0
81	P81	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 81	11,73 67	0	0
82	P82	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,2 5	109,9 73	0,11 03	0,764	0,03 8	non e	no ne	non e	non e		0,00 37	11,74 74	11,74 37	0	0
83	P83	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,2 5	126,6 229	0,12 7	0,88	0,04 9	non e	no ne	non e	non e		0,00 48	11,75 22	11,74 74	0	0

84	P84	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,116	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,74 37	11,74 37	0	0
85	P85	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 74	11,74 59	0	0
86	P86	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	41,2 5	31,36 12	0,03 15	0,218	0,00 4	non e	no ne	non e	non e		0,00 04	11,73 73	11,73 69	0	0
87	P87	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	41,2 5	48,01 11	0,04 82	0,334	0,00 9	non e	no ne	non e	non e		0,00 09	11,73 82	11,73 73	0	0
88	P88	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	73,2 5	19,58 55	0,01 96	0,136	0,00 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 03	11,73 71	11,73 68	0	0

89	P89	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,6 25	36,23 54	0,03 63	0,252	0,00 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 05	11,73 76	11,73 71	0	0
90	P90	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 69	11,73 54	0	0
91	P91	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,116	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,73 73	11,73 73	0	0
92	P92	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 71	11,73 56	0	0
93	P93	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 76	11,73 61	0	0

94	P94	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	17,6 25	7,401 5	0,00 74	0,051	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,73 78	11,73 78	0	0
95	P95	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	35,2 5	43,54 52	0,04 37	0,303	0,00 7	non e	no ne	non e	non e		0,00 07	11,73 85	11,73 79	0	0
96	P96	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 78	11,73 63	0	0
97	P97	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,73 79	11,73 64	0	0
98	P98	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	73,2 5	96,43 05	0,09 67	0,67	0,06	non e	no ne	non e	non e		0,00 59	11,74 44	11,73 85	0	0

99	P99	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	36,6 25	113,0 804	0,11 34	0,786	0,04	non e	no ne	non e	non e		0,00 4	11,74 84	11,74 44	0	0
10 0	P10 0	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,116	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,74 44	11,74 44	0	0
10 1	P10 1	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,74 84	11,74 69	0	0
10 2	P10 2	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	27,6 25	31,25 06	0,03 13	0,217	0,00 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 03	11,75 26	11,75 24	0	0
10 3	P10 3	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	13,8 13	47,90 05	0,04 8	0,333	0,00 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 03	11,75 3	11,75 26	0	0

104	P104	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	13,813	64,5504	0,0647	0,449	0,005	non e	no ne	non e	non e		0,0005	11,7535	11,753	0	0
105	P105	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	non e	no ne	non e	non e		0,0014	11,7524	11,7509	0	0
106	P106	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	non e	no ne	non e	non e		0,0014	11,7526	11,7512	0	0
107	P107	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	non e	no ne	non e	non e		0,0014	11,753	11,7515	0	0
108	P108	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	30,75	210,9306	0,2116	1,466	0,11	non e	no ne	non e	non e		0,0107	11,8042	11,7935	0	0

109	P109	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,7935	11,792	0	0
110	P110	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	19,625	331,0973	0,3321	2,301	0,166	none	none	none	none		0,0162	11,7989	11,7827	0	0
111	P111	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	3,048	16,6499	0,0167	0,116	0	none	none	none	none		0	11,7827	11,7827	0	0
112	P112	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	57,5	48,4123	0,0486	0,336	0,013	none	none	none	none		0,0013	11,8014	11,8001	0	0
113	P113	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	28,75	65,0622	0,0653	0,452	0,011	none	none	none	none		0,0011	11,8025	11,8014	0	0

11 4	P11 4	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	28,7 5	81,71 21	0,08 2	0,568	0,01 7	non e	no ne	non e	non e		0,00 17	11,80 42	11,80 25	0	0
11 5	P11 5	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,80 01	11,79 87	0	0
11 6	P11 6	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,80 14	11,8	0	0
11 7	P11 7	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,80 25	11,80 11	0	0
11 8	P11 8	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	20	315,9 849	0,31 69	2,196	0,15 5	non e	no ne	non e	non e		0,01 51	11,82 77	11,81 26	0	0

119	P119	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	20	309,2926	0,3102	2,15	0,148	none	none	none	none		0,0145	11,8318	11,8173	0	0
120	P120	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,8126	11,8111	0	0
121	P121	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,8173	11,8158	0	0
122	P122	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	1,524	127,9972	0,1284	0,89	0,002	none	none	none	none		0,0002	11,7503	11,7501	0	0
123	P123	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,7501	11,7487	0	0

12 4	P12 4	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	57,5	57,77 82	0,05 8	0,402	0,01 8	non e	no ne	non e	non e		0,00 18	11,75 22	11,75 04	0	0
12 5	P12 5	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,75 04	11,74 9	0	0
12 6	P12 6	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	57,5	127,9 972	0,12 84	0,89	0,08	non e	no ne	non e	non e		0,00 78	11,75 81	11,75 03	0	0
12 7	P12 7	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	3,04 8	16,64 99	0,01 67	0,896	0,01 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 14	11,75 81	11,75 67	0	0
12 8	P12 8	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	27,6 25	24,61 08	0,02 47	0,171	0,00 2	non e	no ne	non e	non e		0,00 02	11,74 32	11,74 3	0	0

129	P129	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	13,813	7,5923	0,0076	0,053	0	none	none	none	none		0	11,743	11,7429	0	0
130	P130	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	27,625	39,7954	0,0399	0,277	0,004	none	none	none	none		0,0004	11,7435	11,743	0	0
131	P131	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,7432	11,7417	0	0
132	P132	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,7429	11,7415	0	0
133	P133	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANSI) Sch. 40	154,051	3,048	16,6499	0,0167	0,896	0,015	none	none	none	none		0,0014	11,743	11,7416	0	0

13 4	P13 4	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	50	34,29 68	0,03 44	1,846	0,95 1	non e	no ne	non e	non e		0,09 29	11,73 65	11,64 36	0	0
13 5	P13 5	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	17,6 25	26,89 53	0,02 7	0,187	0,00 1	non e	no ne	non e	non e		0,00 01	11,73 79	11,73 78	0	0
13 6	P13 6	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	50	34,29 68	0,03 44	1,846	0,95 1	non e	no ne	non e	non e		0,09 29	11,73 78	11,64 48	0	0
13 7	P13 7	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	28,7 5	41,12 83	0,04 13	0,286	0,00 5	non e	no ne	non e	non e		0,00 05	11,75 04	11,75	0	0
13 8	P13 8	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	150 mm Steel (ANS I) Sch. 40	154,0 51	50	34,29 68	0,03 44	1,846	0,95 1	non e	no ne	non e	non e		0,09 29	11,75	11,65 7	0	0

139	P139	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	19,938	28,1715	0,0283	0,196	0,002	none	none	none	none		0,0002	11,7388	11,7386	0	0
140	P140	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	100 mm Steel (ANSI) Sch. 40	102,26	50	23,2301	0,0233	2,837	3,573	none	none	none	none		0,3493	11,7386	11,3893	0	0
141	P141	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	27,625	9,0576	0,0091	0,063	0	none	none	none	none		0	11,743	11,7429	0	0
142	P142	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	450 mm Steel (ANSI) Sch. 40	428,65	13,813	23,1455	0,0232	0,161	0,001	none	none	none	none		0,0001	11,743	11,743	0	0
143	P143	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 kg/m³)	80 mm Steel (ANSI) Sch. 40	77,927	50	15,5532	0,0156	3,271	6,563	none	none	none	none		0,6417	11,743	11,1013	0	0

14 4	P14 4	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	80 mm Steel (ANS I) Sch. 40	77,92 7	50	15,55 32	0,01 56	3,271	6,56 3	non e	no ne	non e	non e		0,64 17	11,74 3	11,10 13	0	0
14 5	P14 5	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	450 mm Steel (ANS I) Sch. 40	428,6 5	9,96 9	4,941 4	0,00 5	0,034	0	non e	no ne	non e	non e		0	11,73 86	11,73 86	0	0
14 6	P14 6	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	50 mm Steel (ANS I) Sch. 40	52,50 2	3,04 8	4,685 9	0,00 47	2,171	0,29 6	non e	no ne	non e	non e		0,02 9	11,73 86	11,70 97	0	0
14 7	P14 7	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	500 mm Steel (ANS I) Sch. 40	477,8 25	3,04 8	374,1 467	0,37 53	2,093	0,01 9	non e	no ne	non e	non e		0,00 18	12	11,99 82	0	0
14 9	P14 9	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	500 mm Steel (ANS I) Sch. 40	477,8 25	3,04 8	572,7 042	0,57 44	3,203	0,04 3	non e	no ne	non e	non e		0,00 42	12	11,99 58	0	0

150	P150	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	500 mm Steel (ANSI) Sch. 40	477,825	3,048	572,7042	0,5744	3,203	0,043	none	none	none	none		0,0042	11,9916	11,9874	0	0
151	P151	Water (25°C at 0,0 bar.g, density 997,00000 0 kg/m³)	500 mm Steel (ANSI) Sch. 40	477,825	3,048	572,7042	0,5744	3,203	0,043	none	none	none	none		0,0042	11,9958	11,9916	0	0