

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département de Maitrise des Risques Industriels et Environnementaux

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE-GRI

***Diagnostic du réseau anti-incendie et mise en
conformité selon les normes NFPA
Cas de l'entreprise Schneider Electric Algérie***

BRAHIM Sidali

Sous la direction : M. BOUBAKEUR Mohamed, MAA

M'hamed BOUSBAI, MCB

M. Mohamed IDIR, Responsable HSE Schneider Electric

Présenté et soutenu publiquement le 09/07/2023

Composition du Jury

Président :	M. Hamid YOUSFI	Professeur à l'ENP
Promoteurs :	M. BOUBAKEUR Mohamed M'hamed BOUSBAI	Maître Assistant A à l'ENP Maître de Conférences B à l'ENP
Examineurs :	M. Aboubaker KERTOUS M. Amine BENMOKHTAR Mme. Souad BENTAALA-KACED Mme. Fadhela KEDARI	Maître Assistant B à l'ENP Maître de Conférences A à l'ENP Maître de Conférences B à l'ENP Intervenante Extérieure à l'ENP

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département de Maitrise des Risques Industriels et Environnementaux

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE-GRI

***Diagnostic du réseau anti-incendie et mise en
conformité selon les normes NFPA
Cas de l'entreprise Schneider Electric Algérie***

BRAHIM Sidali

Sous la direction : M. Mohamed BOUBAKEUR, MAA
M'hamed BOUSBAI, MCB
M. Mohamed IDIR, Responsable HSE Schneider Electric
Présenté et soutenu publiquement le 09/07/2023

Composition du Jury

Président :	M. Hamid YOUSFI	Professeur à l'ENP
Promoteurs :	M. BOUBAKEUR Mohamed M'hamed BOUSBAI	Maître Assistant A à l'ENP Maître de Conférences B à l'ENP
Examineurs :	M. Aboubaker KERTOUS M. Amine BENMOKHTAR Mme. Souad BENTAALA-KACED Mme. Fadhela KEDARI	Maître Assistant B à l'ENP Maître de Conférences A à l'ENP Maître de Conférences B à l'ENP Intervenante Extérieure à l'ENP

ENP 2023

ملخص

هذا العمل يتضمن اجراء دراسة مفصلة لمختلف أنظمة الحماية من الحرائق، بما في ذلك نظام الرشاشات، ونظام صنابير الحريق، ونظام أعمدة الحريق ويتم التركيز فيه على متطلبات التركيب والتصميم لهذه الأنظمة . ثم يتم إجراء تقييم لشبكة الحماية من الحرائق الحالية بناءً على المعيار NFPA 25 (معيّار لفحص واختبار وصيانة أنظمة الحماية من الحرائق باستعمال الماء)، بالإضافة الى المعايير NFPA الموافقة لكل نوع من الانظمة المدروسة.

وأخيرا نقترح دراسة لتصميم لشبكة مكافحة الحرائق وفقا للمعايير لتصحيح الاختلافات الموجودة

الكلمات المفتاحية

أنظمة إطفاء الحريق، سبرينكلر، تحجيم، مكافحة الحرائق، مضخات، أعمدة إطفاء الحريق

Abstract

This work consists of an in-depth study of various fire protection systems, including the sprinkler system, the fire hydrant system, and the fire hose reel system. The focus is on the installation and sizing requirements of these systems. Next, an inspection of the existing fire protection network is conducted based on the NFPA 25 standard (Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems), as well as the corresponding NFPA standards for each system type. Finally, we propose a sizing study of the fire protection network in accordance with NFPA standards to rectify any observed anomalies.

Key Words

fire suppression systems, sprinkler, sizing, fire fighting, pumps, fire hydrants.

Résumé

Ce travail consiste en une étude approfondie sur les différents systèmes anti-incendie à savoir le système de sprinklers, le système des robinets d'incendie armés et le système des poteaux incendie, en mettant l'accent sur les exigences d'installation et de dimensionnement de ces systèmes.

Ensuite, un diagnostic du réseau anti-incendie existant est réalisé en se basant sur la norme NFPA 25 (Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems.) ainsi que sur les normes NFPA correspondante pour chaque type de système.

Enfin, nous proposons une étude de dimensionnement du réseau incendie conforme aux norme NFPA afin de remédier aux écarts constatés.

Mots clés

Système d'extinction, sprinkler, dimensionnement, lutte contre l'incendie, pompes, poteaux incendie.

Dédicaces

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes chers parents qui ont toujours été présents pour m'encourager et

Me donner de la force.

*À mes frères et sœurs, Laki, Fahima, Fatma, Soumeya, Amina, Djamila, Qui m'ont
soutenue dans les moments les plus difficiles,*

À ma famille, qui me donne de la vivacité.

*À mes amis, Assil, Ali, Halim et Yassine, Louai, Ryad
pour leurs aide et conseils pendant cette période et à qui je souhaite plus de succès.*

Remerciements

Je tiens à exprimer ma plus grande reconnaissance envers ALLAH, qui m'a toujours guidé et donné la force et le courage de terminer ce travail et de mettre fin à toutes ces années d'études.

Je voudrais tout d'abord adresser ma profonde gratitude à Messieurs **M. Boubaker** et **M. Bousbai** de m'avoir encadré et orienté pour la réalisation de ce projet, par leurs conseils et leur savoir-faire, pour le temps qu'ils m'ont consacré et les précieuses informations qu'ils m'ont apportées. Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à Monsieur **IDIR Mohamed** d'avoir accepté de me prendre en stage et de l'enrichir avec ses propositions, critiques et suggestions constructives.

Je tiens à exprimer ma gratitude au Professeur **Hamid YOUSFI** pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury. Je remercie également les membres du jury, Monsieur **Abdelmalek CHERGUI** et Monsieur **Aboubaker KERTOUS** qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail.

Je saisis également cette occasion pour adresser mes profonds remerciements à toute l'équipe de Schneider Electric, particulièrement **M. CHKIB Belguet**, Cherif **M.BENARAB**, Mme **Sihem AMAROUCHE**, Mme **Meriem Guesmi**, Mme **KHADIDJA Rahmane**, **M.FAYÇAL Maouche**, **M.MOUNIR Halouane**, **M.NASSIMA Keskes**, **M. Ramdane Rezzik**, **M. ABDESSALEM Gacem** pour leur accueil chaleureux au sein de l'entreprise, et pour leurs conseils utiles et l'intérêt qu'ils ont apportaient à notre travail.

Enfin et dans l'impossibilité de citer tous les noms, un grand merci pour l'ensemble des enseignants du département MRIE (QHSE-GRI) et pour Monsieur **REDA Bourdjoul** qui ont contribué à mon parcours académique. Leurs reconnaissances, leurs soutiens et leur dévouement ont été essentiels dans ma formation académique. Merci infiniment pour tout ce que j'ai appris grâce à vous.

Tables des Matières

Liste des tableaux

Table des figures

Liste des Abréviations

Introduction Générale.....	16
1 Contexte de l'étude et problématique	19
1.1 Introduction	19
1.2 Présentation du Groupe Schneider Electric	19
1.3 Historique de Schneider Electric	20
1.4 Schneider Electric Algérie.....	21
1.5 Offres de Schneider Electric Algérie	22
1.6 Les systèmes de protection contre l'incendie dans les entrepôts.....	23
1.7 Aspect réglementaire et normatif des réseau anti-incendie	25
1.7.1 Réglementation algérienne en matière de système anti-incendie	25
1.7.2 Principales Normes de conception d'un réseau anti-incendie	26
1.8 Retour d'expérience sur les incendies d'entrepôt	27
1.8.1 Les statistiques des services d'incendie et de secours en France	27
1.8.2 Les statistiques sur les incendies d'entrepôts aux Etats-Unis	30
1.8.3 Statistiques sur l'efficacité des sprinklers	31
1.9 Problématique	32
2 Système de Sprinkler.....	34
2.1 Introduction	34
2.2 Types de systèmes de sprinklers	34
2.2.1 Système sprinklers sous eau	35
2.2.2 Système sprinklers sous air	35
2.2.3 Système sprinklers à préaction	36

Tables des Matières

2.2.4	Système sprinklers déluge	36
2.2.5	Système sous antigel	37
2.2.6	Les composants de système de sprinkler sous eau	37
2.3	Sprinkler	39
2.4	Caractéristiques générales des sprinklers	40
2.4.1	Sensibilité thermique.....	40
2.4.2	Température nominale	41
2.4.3	Caractéristique de décharge (Facteur K).....	42
2.4.4	Sens de montage	42
2.5	Les différents types de sprinklers	44
2.5.1	Les sprinklers conventionnels	44
2.5.2	Les sprinklers sprays.....	44
2.5.3	Contrôle Mode Density Area (CMDA)	44
2.5.4	Contrôle Mode spécifique application (CMSA).....	45
2.5.5	Early Suppression Fast-Response Sprinkler (ESFR).....	45
2.6	Types de configurations de réseau hydraulique des sprinklers	45
2.6.1	Configuration ramifiée	45
2.6.2	Configuration maillée	46
2.6.3	Configuration bouclée.....	46
2.7	Méthodologie de travail pour la protection du stockage	47
2.7.1	Identification de la classe des marchandises stockées	47
2.7.2	Identification du mode de stockage	50
2.7.3	La hauteur de stockage.....	52
2.7.4	Classification des marchandises en fonction du niveau de risque d'incendie.....	52
2.7.5	Calcul de la pente du plafond	53

Tables des Matières

2.7.6	La distance entre le déflecteur du sprinkler et le plafond	53
2.7.7	La distance entre le déflecteur de sprinkler et le stockage	55
2.8	Méthodologie de travail pour la protection des zones non dédiées au stockage	55
2.8.1	Activités à risque léger.....	56
2.8.2	Activités à risque ordinaire (Groupe 1).....	56
2.8.3	Risque ordinaire (Groupe 2).....	56
2.8.4	Risque élevé (Groupe 1).....	57
2.8.5	Risque élevé (Groupe 2).....	57
2.9	Surface couverte par Sprinkler et Espacement des sprinklers	57
2.10	Méthodes de conception	58
2.10.1	La méthode de Densité/ Surface	58
2.10.2	La méthode nombre de sprinklers /pression.....	62
2.10.3	Méthode pour les sprinklers de type ESFR.....	62
2.11	Conclusion	62
3	Système de Robinets d'incendie Armés (R.I.A) et système des Poteaux Incendie	64
3.1	Introduction	64
3.2	Système Robinet Armé Incendie (R.I.A)	64
3.2.1	Classes des colonnes montantes	65
3.2.2	Emplacement des R.I.A.....	66
3.2.3	Exigence de dimensionnement de système de R.I.A	70
3.2.4	Procédure de calcul hydraulique et dimensionnement.....	71
3.3	Système de poteaux d'incendie	72
3.3.1	Notions utiles sur le comportement des structures selon L'NFPA.....	73
3.3.2	Diamètre nominal du poteau incendie	75
3.3.3	Emplacement des poteaux incendie	76

Tables des Matières

3.4	Conclusion.....	76
4	Pompes Incendie.....	78
4.1	Introduction	78
4.2	Les pompes d'incendie.....	78
4.2.1	Les pompes volumétriques.....	78
4.2.2	Les pompes centrifuges.....	79
4.3	Le choix de la pompe d'incendie principale.....	82
4.4	La pompe Jockey (Pompe de maintien de pression).....	83
4.4.2	Dimensionnement de la pompe Jockey.....	84
4.5	Réglage de la pompe principale et la pompe Jockey	85
4.6	La pompe incendie diesel.....	85
4.7	Dimensionnement du réservoir de carburant.....	85
4.8	Conclusion.....	86
5	Diagnostic du réseau et Étude Conforme Aux Normes NFPA	88
5.1	Introduction	88
5.2	Diagnostic du système anti-incendie existant selon les normes NFPA	88
5.2.1	Les résultats du diagnostic	89
5.3	Etude conforme aux normes NFPA	92
5.3.1	Système de Sprinklers.....	92
5.3.2	Système de robinets d'incendie armés (R.I.A).....	105
5.3.3	Système des poteaux incendie	107
5.4	Conclusion.....	110
6	Dimensionnement des systèmes anti-incendie	112
6.1	Introduction	112
6.2	Notions d'hydraulique applicable aux réseaux anti-incendie.....	112

Tables des Matières

6.2.1	Formule de Hazen-Williams.....	112
6.2.2	Formule de Darcy-Weisbach.....	113
6.2.3	La pression cinétique	114
6.2.4	La pression normale	114
6.2.5	La pression totale versus la pression cinétique ou normale	114
6.2.6	Longueurs équivalentes de canalisation des vannes et des raccords	115
6.2.7	Calcul de la pression totale.....	116
6.2.8	Vitesse d'écoulement	116
6.2.9	La méthode de Hardy-Cross.....	117
6.3	Présentation de logiciel de calcul PIPENET 1.11.0.....	119
6.4	Dimensionnement du système de sprinkler.....	120
6.4.1	La phase de design.....	120
6.4.2	La phase d'analyse	121
6.4.3	Détermination de la zone la plus défavorable	124
6.4.4	Interprétation des résultats de la vitesse d'écoulement.....	133
6.4.5	Interprétation des résultats des pression de décharge	133
6.4.6	Pression totale et quantité d'eau nécessaires pour les systèmes de sprinklers	135
6.5	Dimensionnement de système des robinets d'incendie armés (R.I.A)	136
6.5.1	La phase de design.....	136
6.5.2	La phase d'analyse.....	137
6.5.3	Interprétation des résultats de la vitesse d'écoulement.....	140
6.5.4	Interprétation des résultats de pression	141
6.5.5	Pression totale et quantité d'eau nécessaires pour le système de R.I.A.....	142
6.6	Dimensionnement du système de poteaux incendie	142
6.6.1	Le débit de décharge de chaque poteau.....	142

Tables des Matières

6.6.2	Phase de design.....	143
6.6.3	Phase d'Analyse.....	144
6.6.4	Interprétation des résultats de pression	146
6.6.5	Interprétation des résultats de la vitesse d'écoulement	146
6.6.6	Interprétation des résultats du débit	147
6.6.7	Pression totale et quantité d'eau nécessaire pour le système des poteaux incendie 148	
6.7	Dimensionnement des pompes incendie	148
6.8	Conclusion.....	150
	Conclusion générale	151
	Références bibliographiques.....	153
	ANNEXE A	157
	ANNEXE B.....	163
	ANNEXE C	165
	ANNEXE D	177
	ANNEXE E.....	179

Liste des Tableaux

Tableau 2-1: Températures nominales.	42
Tableau 2-2: Classification des sprinklers selon l'orientation d'installation.	43
Tableau 2-3: La distance entre le déflecteur et le plafond situé au-dessous.	54
Tableau 2-4 : L'espace libre jusqu'au stockage pour chaque type de sprinkler.	55
Tableau 2-5: Espace libre maximum sous plafond pour les critères de protection de la CMDA.	55
Tableau 3-1: Exigences de dimensionnement des R.I.A de classe I et III.	70
Tableau 3-2: Exigences de dimensionnement des R.I.A de classe II.	71
Tableau 5-1 : Classification de « Steel floor-standing enclosure ».	94
Tableau 5-2: Mode et hauteur de stockage.	95
Tableau 5-3: La classe de marchandise la plus dangereuse en fonction de chaque zone.	97
Tableau 5-4: La hauteur maximale et l'espace libre de chaque zone.	97
Tableau 5-5: Caractéristiques de Sprinklers de type ESFR, pour la protection des stockages, en masse, palettisé et sur Racks.	98
Tableau 5-6: Surface de protection et espacement maximal des Sprinklers.	100
Tableau 5-7: Espacement des Sprinklers et surface couverte par Sprinkler.	100
Tableau 5-8: Nombre des antennes pour chaque système.	102
Tableau 5-9: Nombre d'antennes pour chaque système.	103
Tableau 6-1: Valeur de facteur C.	113
Tableau 6-2 : les longueurs équivalentes de canalisation en acier nomenclature 40.	115
Tableau 6-3 : Multiplicateur de la valeur C.	116
Tableau 6-4: Résultats de calcul pour le premier système de sprinklers.	128
Tableau 6-5 : Résultats de calcul pour le deuxième système de sprinklers.	129
Tableau 6-6: Résultats de calcul pour le troisième système de sprinklers.	130
Tableau 6-7: Résultats de calculs.	135
Tableau 6-8: Résultats du calcul pour le réseau R.I.A.	138
Tableau 6-9: : Résultats de calcul hydraulique poteaux incendie.	145
Tableau 6-10: Résultats de calcul de chaque système.	148

Table des figures

Figure 1-1: Historique de Schneider Electric.	20
Figure 1-2 : Les principaux marchés de Schneider Electric.	21
Figure 1-3: Les produits de Schneider Electric.	21
Figure 1-4: Vue d'ensemble de Schneider Electric Algérie.	22
Figure 1-5: Offres de Schneider Electric.	22
Figure 1-6: Répartition des interventions par nature.	28
Figure 1-7: Détail des interventions des sapeurs- pompiers.	28
Figure 1-8: La répartition des victimes par rapport aux feux survenus.	29
Figure 1-9: Les incendies dans les entrepôts aux Etats-Unis par année : 1980 et 2020.	30
Figure 1-10: Dommages matériels directs d'incendies d'entrepôts : 1980-2020.	31
Figure 2-1: : Les composants d'un système de sprinkler sous eau.	38
Figure 2-2 : Robinet-vanne OS&Y.	39
Figure 2-3: Appareillage d'alarme.	39
Figure 2-4: Vue schématique éclatée d'un sprinkler	40
Figure 2-5: Configuration ramifié.	45
Figure 2-6: Configuration maillée.	46
Figure 2-7: Schéma d'une configuration bouclée.	47
Figure 2-8: Les différents types de plastique.	48
Figure 2-9: Classification des marchandises, en carton ou dans un conteneur en bois, contenant un mélange de matières plastiques expansées et non expansées du groupe A.	49
Figure 2-10: Classification des marchandises, exposés à l'air contenant un mélange de matières plastiques expansées et non expansées du groupe A.	50
Figure 2-11: Stockage en masse.	51
Figure 2-12: Stockage palettisé.	51
Figure 2-13: Stockage en racks.	52
Figure 2-14: Classification de classes des marchandises selon la gravité d'incendie.	52
Figure 2-15: Classification des activités.	56
Figure 2-16: Courbe Densité/surface.	59
Figure 2-17: Réduction de la surface de calcul pour les sprinklers à réponse rapide.	59
Figure 2-18: Localisation des sprinklers supplémentaires	61
Figure 3-1: Colonne montante Classe I.	65

Table des figures

Figure 3-2:Colonne montante Classe II.	66
Figure 3-3:Colonne montante Classe III.....	66
Figure 3-4:Hauteur minimale et maximale d'emplacement des robinets d'incendie.....	67
Figure 3-5: Emplacement des R.I.A dans les escaliers.	67
Figure 3-6: Emplacement des R.I.A dans les sorties horizontales.....	68
Figure 3-7: Emplacement des R.I.A aux sorties horizontales et escaliers.	68
Figure 3-8: Méthode de la longueur réelle pour localiser les robinets de la classe II.....	69
Figure 3-9 : Schéma de principe de l'installation « poteau d'incendie ».	73
Figure 4-1: Composants de pompe centrifuge.....	79
Figure 4-2: Pompe double bloc Horizontale	80
Figure 4-3: Pompe à turbine et arbre verticale.	80
Figure 4-4: Pompe rectiligne	81
Figure 4-5: Pompe à aspiration axiale.....	81
Figure 4-6: Courbes caractéristiques de pompes.	82
Figure 4-7: Hauteur totale de refoulement des pompes d'incendie à turbine et arbre verticales. .	83
Figure 4-8: Arrangement des vannes pour la pompe Jockey	84
Figure 4-9: Arrangement des vannes pour la pompe diesel.	85
Figure 5-1: Plan du réseau existant.	90
Figure 5-2: Schéma des étapes pour la sélection du type de Sprinkler.....	92
Figure 5-3 : Répartition en masse des composant de la marchandise « Steel floor-standing enclosure ».	93
Figure 5-4: Décomposition du l'entrepôt en zones.	96
Figure 5-5: Espacement des Sprinkler s.	100
Figure 5-6: Plan de la conception des trois (3) systèmes de Sprinklers au format AutoCad.	104
Figure 5-7: Emplacement des R.I.A.....	106
Figure 5-8: Méthodologie de dimensionnement de système de poteaux incendie	107
Figure 5-9: Plan d'emplacement des poteaux incendie au format Auto-Cad.....	109
Figure 6-1: exemple d'une maille simple.....	117
Figure 6-2 : Sélection du module Spray/Sprinkler.	120
Figure 6-3 : Phase de conception et phase d'analyse.....	121
Figure 6-4 : Sprinkler spécifications.	122

Table des figures

Figure 6-5 : Importation du type de tuyau utilisé ; acier nomenclature 40.	122
Figure 6-6 : La vitesse maximale d'écoulement	123
Figure 6-7 : Débit requis par sprinkler.	123
Figure 6-8 : Option Fitting.	124
Figure 6-9 : Module Options	124
Figure 6-10: Pression de décharge	125
Figure 6-11: Option Pipe sizing.....	125
Figure 6-12:Dimensionnement premier système.....	126
Figure 6-13: Dimensionnement deuxième système.....	126
Figure 6-14: dimensionnement troisième système.	127
Figure 6-15 : Vitesse d'écoulement de l'eau à travers le premier système.	132
Figure 6-16: Vitesse d'écoulement de l'eau à travers le deuxième système	132
Figure 6-17: Vitesse d'écoulement de l'eau à travers le troisième système	133
Figure 6-18: Pression de décharge à travers les sprinklers de la surface impliquée (premier système).....	134
Figure 6-19: Pression de décharge à travers les sprinklers de la surface impliquée (deuxième système).....	134
Figure 6-20: Pression de décharge à travers les sprinklers de la surface impliquée (troisième système).....	135
Figure 6-21 : Vitesse maximale de design des R.I.A.....	136
Figure 6-22: Dimensionnement du système de R.I.A.	137
Figure 6-23 : Numérotation des nœuds correspondant aux résultats de calcul.	140
Figure 6-24: Résultats de la vitesse d'écoulement.....	140
Figure 6-25: Résultats de pression	141
Figure 6-26: Caractéristiques requis	142
Figure 6-27: Elévation du centre de décharge de poteaux incendie	143
Figure 6-28: dimensionnement de réseau des poteaux d'incendie.	144
Figure 6-29: Résultats de pression dans le réseau des poteaux incendie	146
Figure 6-30: Vitesse d'écoulement dans le système de poteaux incendie.	147
Figure 6-31: Débit de décharge pour les poteaux incendie	147
Figure 6-32: Courbe caractéristique de la pompe incendie principale.....	149

Liste des Abréviations

ANPI	Association Nationale de la Protection contre l'Incendie
APSAD	Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEN	Comité Européen de Normalisation
CMDA	Contrôle Mode Density Area
CMSA	Contrôle Mode Spécifique Application
ESFR	Early Suppression Fast Response
HMT	Hauteur Manométrique Totale
ISO	International Organization for Standardization
NFIRS	National Fire Incident Reporting System
NFPA	National Fire Protection Association
OS&Y	Outside Screw and Yoke
RIA	Robinets d'Incendie Armés
RTI	Response Time Index
SE	Schneider Electric
USA	United States of America

Introduction Générale

Les systèmes de lutte contre l'incendie, plus précisément les systèmes anti-incendie à base d'eau, désignent les canalisations et équipements utilisés pour prévenir, détecter et combattre les incendies en fournissant de l'eau pressurisée aux points d'utilisation nécessaires. Ces réseaux sont conçus pour garantir une distribution efficace de l'agent extincteur afin d'éteindre les incendies ou de les contrôler.

Les systèmes anti-incendie à base d'eau sont des mesures de protection collectives dont l'existence dans les entrepôts de stockage est exigée par la réglementation algérienne. Ils jouent un rôle primordial en assurant la protection des travailleurs et des biens, tout en préservant l'image de marque de l'entreprise et en garantissant la continuité de la production en préservant la chaîne de valeur, où le stockage représente un lien direct avec le client final. Le secteur des entrepôts peut être sous-estimé en termes des dangers existants, étant donné l'absence de processus industriels complexes, mais les retours d'expérience dans ce domaine, dont la majorité concerne les incendies, soulignent la nécessité d'équiper les entrepôts de systèmes anti-incendie tels que les systèmes de sprinklers, les systèmes de robinets d'incendie armés et les systèmes de poteaux incendie.

Ces réseaux sont dimensionnés principalement en fonction des risques d'incendie spécifiques présents dans les entrepôts, ainsi que des caractéristiques de ces derniers, en prenant en compte les exigences des normes internationales telles que les débits et les pressions. Ces paramètres représentent des indicateurs de performance des réseaux, garantissant leur efficacité et leur disponibilité. Cependant, le dimensionnement de tels réseaux n'est pas une tâche facile en raison de leur complexité. Malgré les difficultés rencontrées, les bureaux d'études sont tenus de respecter ces exigences. Aujourd'hui, grâce aux progrès de l'informatique et au développement spectaculaire des logiciels adaptés, les ingénieurs des bureaux d'études sont en mesure de garantir le bon dimensionnement de ces ouvrages grâce à des outils de simulation de réseaux. Cependant, les ingénieurs rencontrent de grandes difficultés par rapport à l'absence de textes de lois ou aux écarts observés entre les exigences réglementaires et ceux préconisés par les normes utilisées dans ce domaine.

La mission principale d'un ingénieur QHSE-GRI est d'assurer la protection des travailleurs et des biens. Dans ce travail, l'objectif était de réaliser un diagnostic du réseau anti-incendie au sein

Introduction Générale

d'un entrepôt de stockage de Schneider Electric à SIDI-Rached par rapport aux normes NFPA, comprenant un système de sprinklers, un système de robinets d'incendie armés et un système de poteaux incendie.

Dans la suite, un aperçu de l'organisation de ce mémoire est présenté, ainsi que la contribution de chaque chapitre aux objectifs recherchés. Ce mémoire est organisé en six chapitres :

Le premier chapitre explore les différents aspects liés à la protection des entrepôts contre les incendies, y compris la présentation de l'entreprise où nous avons effectué notre étude, ainsi que les types de systèmes de protection contre l'incendie, les exigences réglementaires en Algérie et les retours d'expérience des incendies dans le secteur des entrepôts.

Le deuxième chapitre est consacré à la compréhension des éléments essentiels des systèmes de sprinklers, abordant les types de systèmes, les composants et la méthodologie de dimensionnement selon la norme NFPA 13, afin d'assurer une protection efficace et fiable.

Le chapitre trois met en évidence le système Robinet d'Incendie Armé (R.I.A) et le système de poteaux incendie, en détaillant les différentes classes, les emplacements optimaux et les exigences de dimensionnement de ces systèmes conformément à la norme NFPA 14.

Le chapitre quatre décrit les différents composants du système de pompage, y compris la pompe principale, la pompe jockey et la pompe diesel, ainsi que leur disposition, les exigences de dimensionnement et le rôle de chaque pompe dans ce système.

Le chapitre cinq est le cœur de ce travail, il se concentre sur le diagnostic de la conformité du réseau existant aux normes NFPA. Dans une première partie, nous analysons l'état actuel du système, en identifiant les écarts par rapport aux normes NFPA. Dans une deuxième partie, nous réalisons une étude détaillée pour chaque système anti-incendie.

Enfin le dernier chapitre est consacré au dimensionnement des systèmes anti-incendie, à l'aide du logiciel Pipenet 1.11.0 qui est un outil performant pour les calculs hydrauliques, en mettant en pratique les notions abordées dans les chapitres précédents. Enfin, nous choisissons les pompes les plus adaptées aux critères de choix.

A la fin de ce mémoire, nous terminerons par une conclusion générale.

*Chapitre 1 : Contexte de
l'étude et problématique*

1 Contexte de l'étude et problématique

1.1 Introduction

Le présent chapitre vise à explorer les différents aspects liés à la protection des entrepôts contre les incendies. Dans un premier temps, une présentation détaillée de l'entreprise de stage sera effectuée afin de mieux comprendre le contexte spécifique dans lequel se situe cette étude. Ensuite, nous aborderons les divers types de systèmes de protection d'entrepôts contre l'incendie, à la fois passifs et actifs, qui jouent un rôle crucial dans la gestion des incendies.

En outre, nous examinons les exigences réglementaires spécifiques en vigueur en Algérie en ce qui concerne la lutte contre l'incendie, afin de mieux comprendre et répondre aux obligations légales en matière de protection anti-incendie dans les entrepôts en Algérie. En l'absence des normes algériennes spécifiques, nous abordons les principales normes internationales relatives à l'installation des systèmes anti-incendie. Ces derniers fournissent des directives et des critères essentiels pour le dimensionnement, l'installation des systèmes de protection contre l'incendie dans les entrepôts.

Enfin, une attention particulière sera accordée aux retours d'expérience basés sur les statistiques des services d'incendie et de secours en France, ainsi que les statistiques sur les incendies d'entrepôts aux États-Unis. Ces données fourniront des informations précieuses. L'analyse de ces données permettra de mieux comprendre la gravité des incendies d'entrepôts, et surtout de montrer que ce risque est toujours probable et n'est pas négligé l'importance des systèmes de lutte contre l'incendie dans les entrepôts.

1.2 Présentation du Groupe Schneider Electric

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, Schneider Electric (SE) n'est pas une entreprise allemande mais bel et bien une société française. Il s'agit d'un des leaders mondiaux dans la gestion de l'énergie et des automatismes. Le Groupe développe des produits, des solutions et des services pour rendre l'écosystème de ses clients sûr, fiable, efficace et durable. Il investit largement dans la technologie, afin de soutenir l'innovation et la différenciation, avec un engagement fort en développement durable. C'est un groupe industriel européen ayant une dimension internationale. Il est spécialiste dans la fabrication et la commercialisation d'équipements et installations électriques de basse et moyenne tension à usage domestique ou industriel. Plus de 135 000

collaborateurs répondent aux besoins des clients dans plus de 100 pays, et ceux en les aidant à gérer leur énergie et leurs processus efficacement. En allant des interrupteurs les plus simples aux systèmes d'exploitation les plus complexes, en passant par les technologies, les logiciels et les services, permettent aux clients d'optimiser la gestion et l'automatisation de leurs activités.

Les technologies connectées contribuent à repenser les industries, à transformer les villes et à enrichir les vies de leurs habitants. Chez Schneider Electric, cela est appelé **Life Is On**.^[1]

1.3 Historique de Schneider Electric

Avec plus de 180 ans d'histoire et d'innovation, l'histoire de Schneider Electric a été écrite par plusieurs générations de gens qui ont transformé l'entreprise, le monde, pendant près de deux siècles. Aujourd'hui, cet héritage permet d'innover à tous les niveaux et de garantir que l'énergie est disponible (Life Is On). La figure ci-dessous résume l'historique de Schneider Electric.^[1]

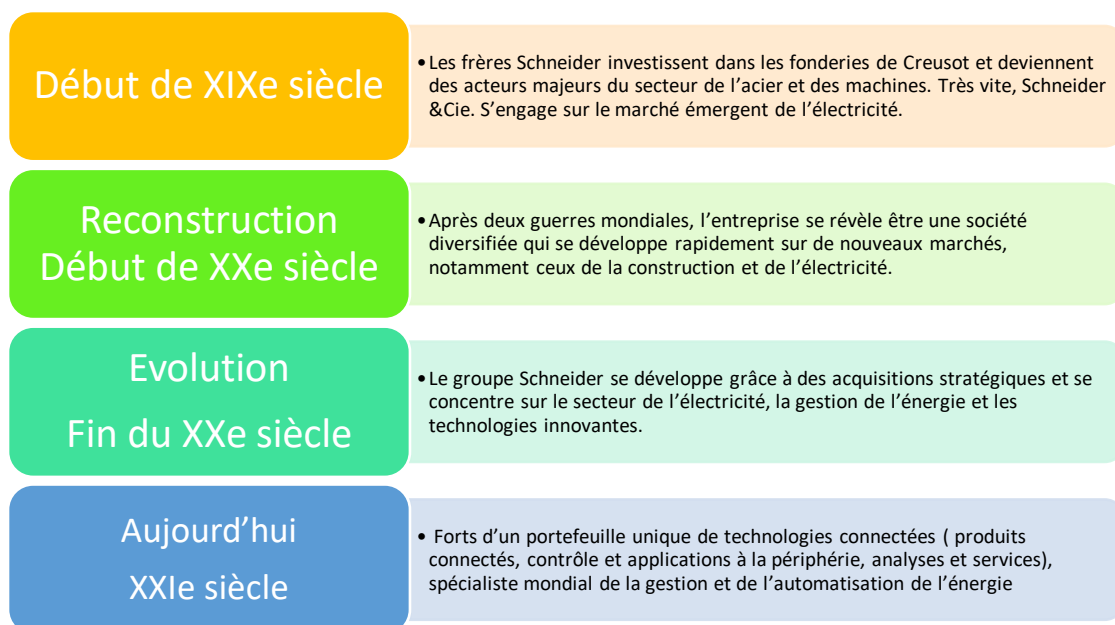


Figure 1-1: Historique de Schneider Electric.^[1]

Schneider Electric s'appuie sur la connectivité et les données pour créer des dispositifs de contrôle et proposer des informations immédiatement exploitables sur ses principaux marchés. On retrouve notamment les différents marchés ainsi que le panorama de solutions offertes par le Groupe :

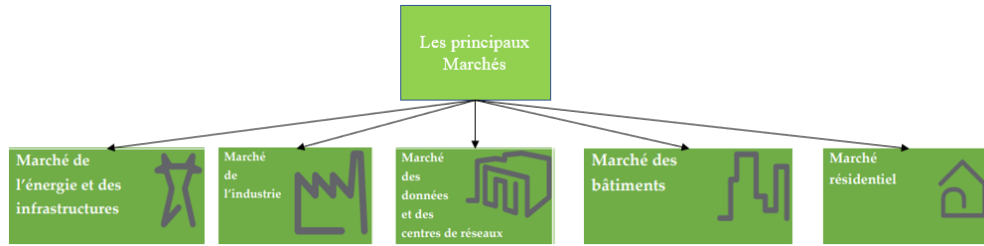


Figure 1-2 : Les principaux marchés de Schneider Electric.[1]

Schneider Electric met à la disposition des clients plusieurs types des produits notamment ;

<p>Résidentiel et petit tertiaire > Appareillages modulaires sur rail din Coffrets & Tableaux Commutateurs, Douilles et Boîtes Éclairage de sécurité Matériel d'installation Protection contre la surtension et Conditionnement de Puissance Réseaux de communication système d'alimentation sans interruption (UPS)</p>	<p>Distribution électrique BT > Appareillages modulaires sur rail din Boutons-poussoirs, interrupteurs et voyants, stations de contrôle et leviers de Canalisation Electrique Préfabriquée & Gestion de câble Coffrets & Tableaux Protection et Relais de Protection Correction du Facteur de Puissance - Composants et Systèmes Démarreurs moteurs Disjoncteurs & Commutateurs de puissance Éclairage de sécurité Enveloppes Universelles Logiciels Protection contre la surtension et Conditionnement de Puissance Solutions logicielles de gestion de l'énergie Système de gestion d'énergie</p>	<p>Distribution électrique MT et automatisation du réseau > Automatisation de dispositif d'alimentation Équipement extérieur Logiciel de gestion de réseaux Medium Voltage Switchgear Components Préfabriqués sous-stations MT/BT Relais de protection par application Relais de protection par gamme Services de terrain Solutions logicielles de gestion de l'énergie Système de gestion d'énergie Systèmes d'Automatisation de Sous-station Tableau moyenne tension Transformateur MT</p>	<p>Automatismes et contrôle pour l'industrie > Alimentations & transformateurs Boutons-poussoirs, interrupteurs et voyants, stations de contrôle et leviers de Capteurs & système RFID Coffrets, cablage & interfaces Commande de mouvement Communication industrielle Contacteurs et Relais de Protection Contrôle et sécurité du mouvement Contrôle et sécurité des processus Démarreurs moteurs Enveloppes Universelles HMI (terminaux et PC industriel) Interface, Mesure & Relais de contrôle Logiciels Mesure et instrumentation PAC, PLC & autres contrôleurs Télémetrie et systèmes à distance SCADA Unités de signalisation</p>
<p>Automatismes et contrôle pour les bâtiments > Appareillages modulaires sur rail din Commande de mouvement Correction du Facteur de Puissance - Composants et Systèmes Éclairage de sécurité Réseaux de communication Sensors & Room Units Solutions logicielles de gestion de l'énergie Système de gestion bâtiment Système de gestion d'énergie Valves and Valve Actuators</p>	<p>Accès à l'énergie > Accès à l'énergie</p>	<p>Onduleurs, refroidissements et racks > Data Center Software Distribution de puissance IT Modules de centres de données préfabriqués Protection contre la surtension et Conditionnement de Puissance Racks et accessoires IT</p>	

Figure 1-3: Les produits de Schneider Electric.[1]

1.4 Schneider Electric Algérie

Schneider Electric est présent dans plus de 50 ans en Algérie, Schneider Electric Algérie c'est :

- Une équipe de 238 collaborateurs ;
- 4 agences régionales (Alger, Oran, Hassi Messaoud et Sétif) ;
- Directions : Projets et Services dédiées aux Solutions ;
- Un réseau de 40 partenaires (distributeurs, tableautiers, système intégrateurs) ;
- Un site industriel pour le montage de cellules MT SM6 ;
- Un Centre de Distribution Local + un entrepôt (avec une capacité de 3000 MT/an) ;
- Un institut de formation agréé par l'Etat ;
- Un centre d'excellence SEA entre les Ministres Français et Algérien en 2014.[2]

La figure ci-dessous illustre une vue d'ensemble de Schneider Electric Algérie ;

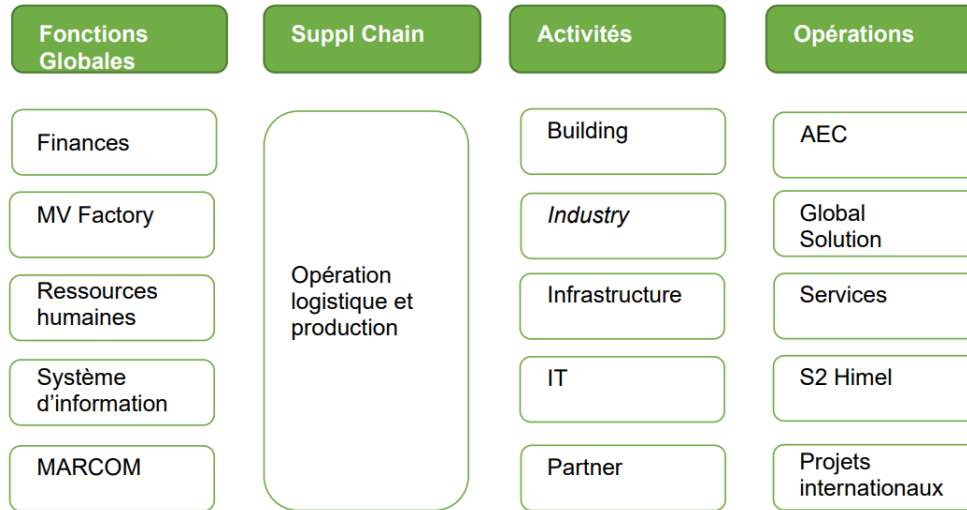


Figure 1-4: Vue d'ensemble de Schneider Electric Algérie.[2]

1.5 Offres de Schneider Electric Algérie

Schneider Electric Algérie propose une offre intégrée de produits, services et solutions qui rendent l'énergie **Sûre**, **Fiable**, **Efficace**, **Productive** et **Verte**

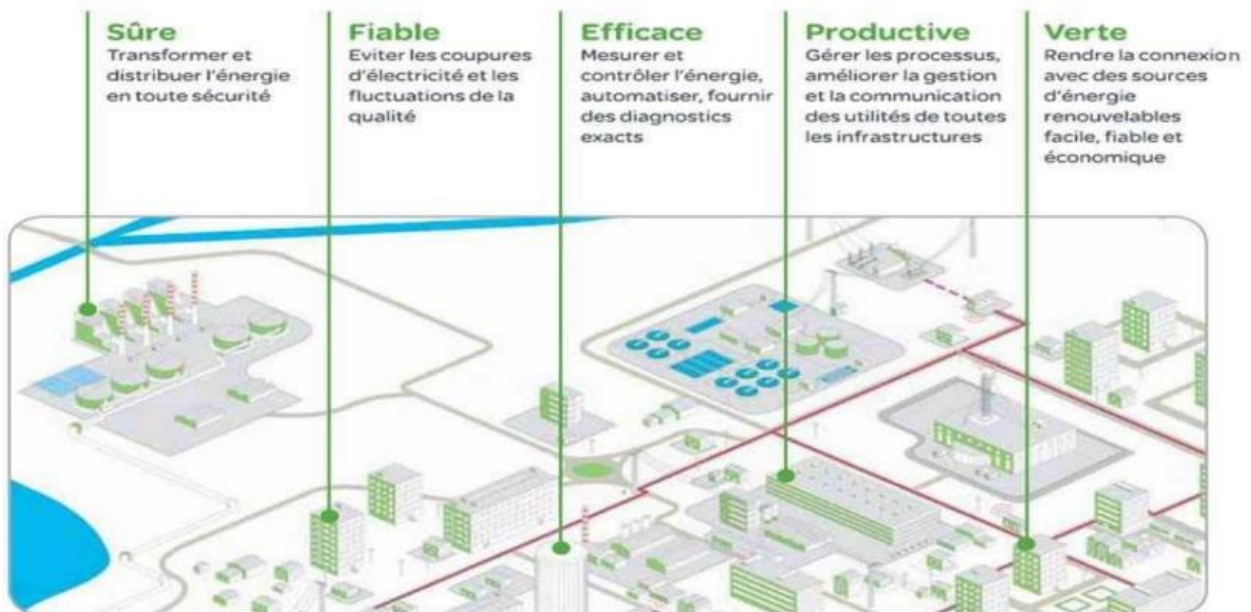


Figure 1-5: Offres de Schneider Electric.[2]

1.6 Les systèmes de protection contre l'incendie dans les entrepôts

1.6.1 La protection passive

La protection passive vise à prévenir ou à limiter la propagation du feu, de la fumée et de la chaleur. Contrairement à la protection active elle ne consiste pas à agir directement sur un incendie.

Ce type de protection est généralement assurée par certaines caractéristiques de construction, telles que constructions résistant au feu ou murs et coupe-feu, conçus pour limiter la propagation d'un incendie. Ce type de protection, essentiel au sein d'une installation industrielle.[3]

1.6.1.1 Murs coupe-feu

Les murs coupe-feu sont généralement des murs en béton armé munis de fondations plus épaisses que la normale.

Un mur est dit coupe-feu s'il est capable, pendant un temps conséquent (degré coupe-feu deux ou quatre heures) par exemple :

- D'empêcher le passage des flammes,
- De stopper la propagation des fumées de combustion,
- D'enrayer la propagation de la chaleur par rayonnement.[4]

1.6.1.2 Exutoires de fumées et de chaleur

La propagation du feu et la fumée dans un incendie impactent gravement la santé humaine. La majorité des victimes d'incendie décèdent en raison d'une asphyxie et non à cause des flammes ni de la température élevée.

Plusieurs types d'évacuation de fumées existent lorsqu'il s'agit de désenfumage. L'exutoires de désenfumage pour toit en font partie. Ces dispositifs permettant l'extraction des gaz chauds et des fumées en cas d'incendie.[5]

1.6.1.3 Ecrans de cantonnement

Les écrans de cantonnement sont des dispositifs conçus par un matériau résistant au feu et à la chaleur pour créer un écran vertical sous la toiture qui permettent de piéger, canaliser, contenir ou empêcher la migration de la fumée de l'incendie. [6]

1.6.2 La protection Active

Les mesures de protection active peuvent être de deux types : manuelle ou automatique.

1.6.2.1 Mesures Manuelles

Les mesures manuelles, nécessitent une intervention humaine directe pour être utilisées. Ces dernières consistent à utiliser des dispositifs tels que ;

- Les extincteurs
- Les Robinets d'Incendie Armés (R.I.A)
- Poteaux d'incendie

Ces dispositifs participent activement à la protection. Il faut s'assurer qu'ils soient bien visibles, signalés et facilement accessibles.

1.6.2.2 Mesures Automatiques

Les systèmes actifs automatiques de protection incendie sont largement utilisés et fournissent normalement un moyen très fiable de protection contre l'incendie, tels que :

❖ Réseau d'alerte et de détection contre l'incendie

La première étape de toute évacuation ou intervention consiste à détecter la situation indésirable. Dans les cas d'incendie, le système de détection doit être capable de donner l'alarme le plus rapidement et précisément possible, tout en évitant les fausses alarmes qui signaleraient un incendie inexistant. De plus, ce système de détection peut également être combiné avec un dispositif d'extinction fixe afin de le mettre en action.

Il est essentiel que le personnel présent dans l'entrepôt puisse alerter en cas d'incendie. Par conséquent, des systèmes d'alarme manuels doivent être placés à proximité des postes de travail, des couloirs principaux et des sorties de l'entrepôt, par exemple. [7]

Il existe différents systèmes de automatiques de lutte contre l'incendie tels que ;

❖ Systèmes d'extinction automatique par gaz

Les systèmes fixes d'extinction par gaz sont largement employés, ils utilisent habituellement du dioxyde de carbone (CO₂) ou des gaz inertes.

Le dioxyde de carbone est utilisé à des concentrations asphyxiantes et par conséquent, ses applications sont limitées. Parmi les exemples de risques qui peuvent être protégés, mentionnons les salles informatiques, les équipements et installations électriques critiques tels que les turbine à gaz,..etc.

❖ **Systèmes d'extinction automatique par mousse**

Elle est réalisée par projection de mousse sur un foyer. Cela permet de former un manteau mousseux qui isole le combustible de l'air nécessaire à la combustion et favorise donc ainsi l'extinction. L'extinction par mousse est généralement destinée aux réservoirs d'hydrocarbures.

❖ **Systèmes d'extinction automatique de type sprinklers**

Les systèmes de sprinklers constituent une solution incontournable de la protection contre les incendies en milieu industriel. Il permet de déceler le départ d'incendie et d'agir automatiquement là où nécessaire. Ce système sera pris en détail dans le chapitre suivant.

Les systèmes actifs de lutte contre l'incendie présentent les qualités suivantes :

- ✓ La détection automatique de l'incendie
- ✓ La transmission d'alarme en cas d'activation du système
- ✓ L'extinction ou le contrôle de l'incendie
- ✓ Le fonctionnement uniquement dans le voisinage proche de l'incendie.[8]

1.7 Aspect réglementaire et normatif des réseau anti-incendie

Plusieurs normes et réglementations existent dans le domaine de maîtrise des incendies, dans cette partie nous allons définir les principales normes internationales et réglementations algériennes applicables dans ce domaine.

1.7.1 Réglementation algérienne en matière de système anti-incendie

En Algérie, la réglementation relative à la protection contre l'incendie est mise en place pour assurer la sécurité des biens et des personnes. Elle vise à prévenir les incendies, à limiter leur propagation et à garantir des mesures efficaces d'intervention en cas d'urgence. Elle englobe des aspects tels que la conception et la construction des bâtiments, les plans d'évacuation et les formations du personnel.

Dans la réglementation on retrouve :

- La **Loi n° 19-02** du 14 Dhou El Kaâda 1440 correspondant au 17 juillet 2019 relative aux règles générales de prévention des risques d'incendie et de panique.
- **Le décret exécutif n° 76-36** du 20 février 1976 relatif à la protection contre les risques d'incendies et de panique dans les établissements recevant du public,

- Le *décret exécutif n° 76-35 du 20 février 1976* portant règlement de sécurité contre les risques d'incendies et de panique dans les immeubles de grande hauteur :
 - À plus de 50 mètres, pour les immeubles à usage d'habitation,
 - À plus de 28 mètres, pour tous les autres immeubles.
- La *Loi n° 88-07 du 26 Janvier 1988* relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail.
 - Le *décret exécutif n° 91-05 janvier 1991* relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.

Pour notre cas, nous allons se baser sur les exigences de la *Loi n° 88-07*, ainsi que du *décret exécutif n° 91-05 janvier 1991* pour la lutte contre l'incendie. Un tableau représentatif, résumant ces exigences, est présenté dans [l'ANNEXE A](#).

1.7.2 Principales Normes de conception d'un réseau anti-incendie

Les normes de conception d'un réseau anti incendie peuvent varier selon les pays et les réglementations locales. Nous allons présenter quelques normes internationales, européennes et françaises couramment utilisées pour la conception et l'inspection d'un réseau anti-incendie :

1.7.2.1 Normes NFPA (National Fire Protection Association)

La National Fire Protection Association (NFPA) est une organisation mondiale autofinancée à but non lucratif, créée en 1896, et basée à Quincy, dans le Massachusetts aux états unies. La mission de la NFPA est de réduire les risques d'incendie et les pertes humaines, matérielles et économiques associées en fournissant des normes, des codes et des recommandations pour la prévention, la protection et la lutte contre l'incendie. Ses normes sont reconnues à l'échelle internationale et sont largement utilisées dans de nombreux pays.

Les principales normes de conception du réseau anti-incendie selon la NFPA sont présentées dans un tableau dans [l'ANNEXE A](#). [9]

1.7.2.2 Normes CEN (Le comité européen de normalisation)

Le comité européen de normalisation (CEN) est l'organisme européen chargé de développer des normes techniques pour divers domaines, y compris les systèmes de sécurité incendie.

Les principales normes européennes de conception du réseau anti-incendie sont présentées dans un tableau dans [l'ANNEXE A](#).

1.7.2.3 L'APSAD (Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages)

L'APSAD est une association française qui regroupe les compagnies d'assurances et joue un rôle essentiel dans la promotion de la sécurité incendie et la prévention des risques de dommages.

Le tableau regroupant les principales normes APSAD d'installation des systèmes de lutte contre l'incendie est présenté dans **l'ANNEXE A**.

1.8 Retour d'expérience sur les incendies d'entrepôt

De nombreux incendies graves se sont produits dans des entrepôts ou sur des aires de stockage alors que ceux-ci contiennent relativement peu d'équipements dangereux par rapport aux installations de production.

La plupart de ces incendies entraînent la destruction totale de l'installation concernée, engendrant des dommages économiques et sociaux se chiffrant en millions de dollars. Au cours des vingt dernières années, l'enjeu de rationalisation et de rentabilité a poussé la grande majorité des entreprises, qu'elles soient spécialisées dans les activités de stockage ou non, à augmenter la surface et la hauteur des entrepôts pour entreposer le maximum de leurs marchandises. Par ailleurs, l'utilisation généralisée des **matières plastiques** dans toutes les activités industrielles a considérablement modifié les risques d'incendie dans les zones de stockage.

Afin de mieux comprendre les risques associés aux activités de stockage, il peut être instructif d'effectuer une recherche bibliographique sur les accidents impliquant ce type d'installations.[4]

Les revues suivantes, axées sur les problèmes de risques industriels, notamment en ce qui concerne les incendies, ont été consultées :

1.8.1 Les statistiques des services d'incendie et de secours en France

D'après les statistiques effectuées par la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises services d'incendie et de secours. Ils en ressortent que le nombre total de ces interventions s'est élevé à **4 680 875 interventions** sur l'année **2021**. Sur ce nombre, les incendies ont représenté environ **5%** des interventions (soit de **234043.8 interventions**), ce qui les place en quatrième position, après les secours à victimes (**74%**), les sorties pour les aides aux personnes (**7 %**) et les accidents de la circulation (**6 %**).[10]

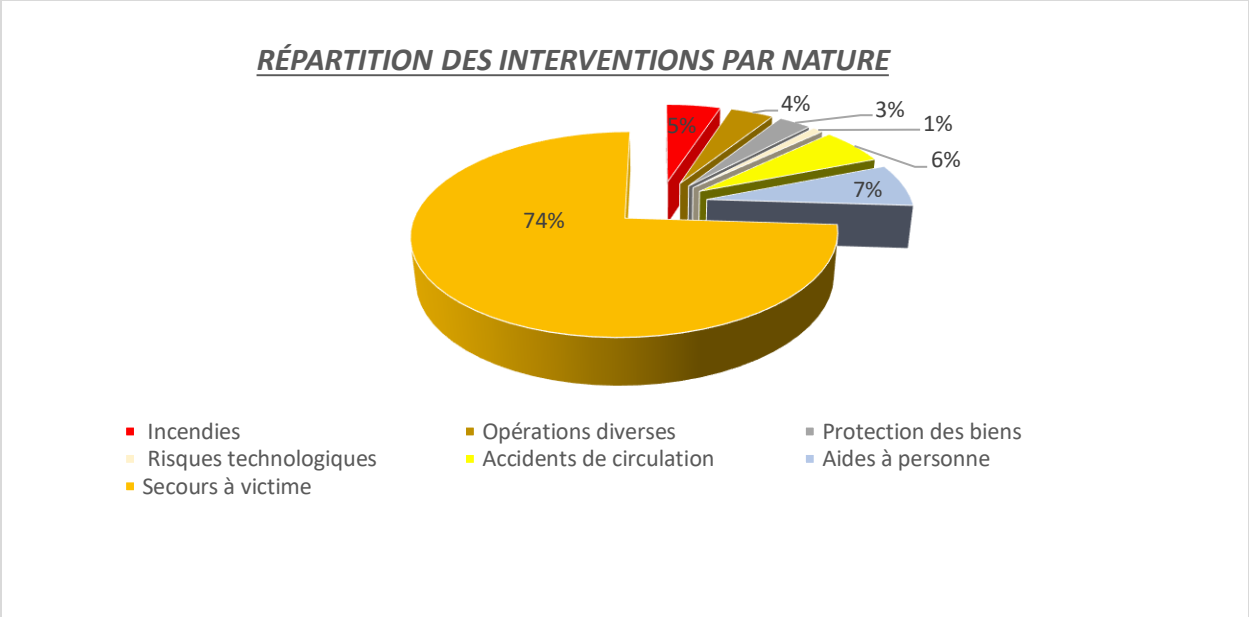


Figure 1-6: Répartition des interventions par nature.

Le nombre total des incendies continue néanmoins à progresser (de **340.000** en **1996** contre **4680875** en **2021**).[10]

La répartition des incendies en France en **2021** pour un nombre d'incendie de **254151** selon le domaine d'activité est représentée sur le diagramme à barres suivant :

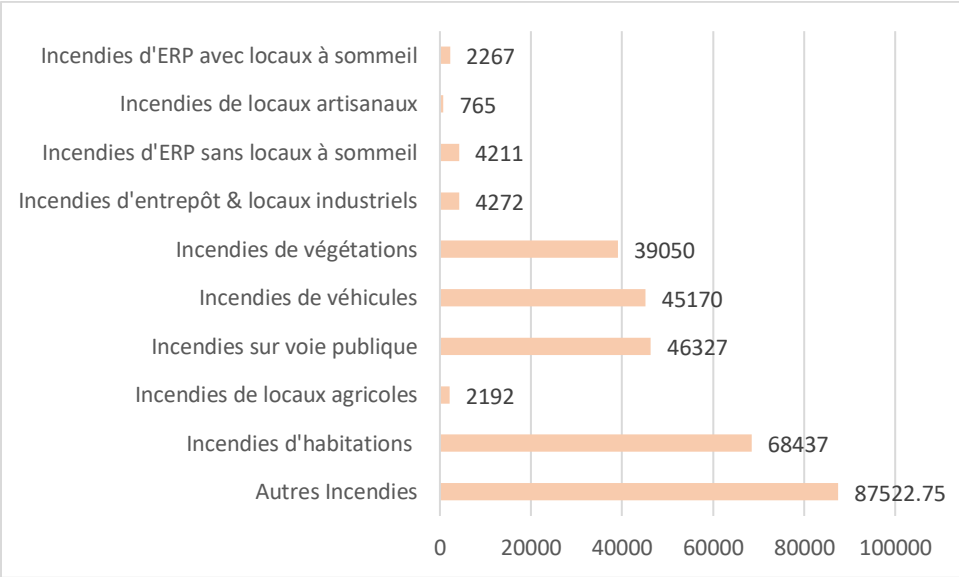


Figure 1-7: Détail des interventions des sapeurs- pompiers.[10]

Le nombre d'interventions des sapeurs-pompiers en France sur les incendies d'entrepôts et de locaux industriels est de **4272** en **2021**. Cela représente une part significative des incendies répertoriés, dépassant les incendies d'autres types tels que les locaux artisanaux (**765**) et les locaux

agricoles (**2192**).

Ces chiffres mettent en évidence l'importance des incendies d'entrepôts et de locaux industriels parmi les différents types d'incendies. Cela souligne également la nécessité d'une attention particulière aux mesures de prévention, à la sécurité incendie et à la formation du personnel dans ces environnements. Il est essentiel de mettre en place des mesures adéquates pour réduire les risques d'incendie et assurer la sécurité des personnes et des biens dans les entrepôts.

Le diagramme suivant représente la répartition des victimes par rapport aux feux survenus. Notant que les impliqués ce sont des personnes sans traumatisme physique mais prises en charge par les sapeurs-pompiers lors des interventions.

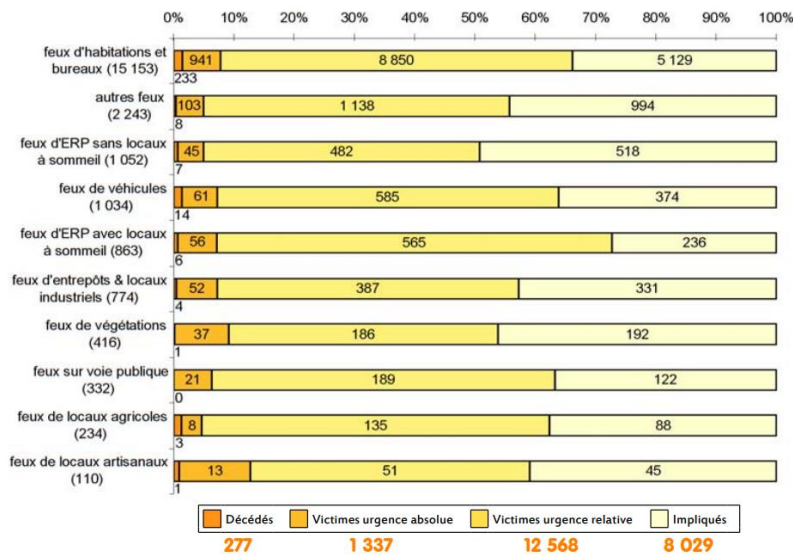


Figure 1-8: La répartition des victimes par rapport aux feux survenus.[10]

En analysant les résultats illustrés dans la Figure 1-8, Il est important de noter que les incendies dans les entrepôts entraînent des décès. A ce titre, sur **277** décès causés par des incendies, quatre sont liés aux entrepôts. De plus, sur les **1337** de victimes en urgence absolue (victimes ayant nécessité une intervention médicale immédiate), **52** sont liées aux entrepôts, et sur **12568** victimes en urgence relatives (victimes ayant besoin de soin médicaux, leur état ne soit pas critique au point de nécessiter une intervention immédiate), **387** sont impliquées dans des entrepôts.[10]

1.8.2 Les statistiques sur les incendies d'entrepôts aux Etats-Unis

Les statistiques sur les incendies d'entrepôts sont recueillies par la *NFPA (National Fire Protection Association)* à partir de sources telles que le *National Fire Incident Reporting System (NFIRS)* de l'*US Fire Administration* et de l'enquête annuelle de la *NFPA* sur l'expérience des services d'incendie. Ces données fournissent des estimations des incendies dans les entrepôts et des dommages matériels directs causés par ces incendies.

1.8.2.1 Les incendies dans les entrepôts entre 1980-2020

Les incendies dans les entrepôts ont considérablement diminué au cours des **30** dernières années. Le nombre d'incendies dans les entrepôts américains a été réduit de **74 %** depuis **1980**, passant de **4700** incendies par an en **1980** à **1200** en **2013**. Cependant, la valeur des dommages matériels directs causés par les incendies d'entrepôts n'a pas montré une diminution similaire.

Comme le montre la Figure 1-9, le déclin des incendies d'entrepôts a été le plus marqué au cours des années **1980**, lorsque le nombre d'incendies d'entrepôts estimé a chuté de **60 %** entre **1980** et **1989**, passant de **4700** à **1900**. Le nombre d'incendies d'entrepôts a encore diminué de **37%** entre **1990** (**1900** incendies) et **1998** (**1200** incendies). Entre **2002** et **2014**, les incendies dans les entrepôts se sont situés entre **1200** et **1400** incendies par an, à l'exception d'un point bas historique de **1100** incendies en **2009**. Au cours des dernières années, le nombre annuel d'incendies d'entrepôts varie entre un minimum de **1300** incendies en **2016** et un maximum de **1600** incendies à la fois en **2017** et en **2019**. Donc malgré la diminution notable des incendies dans les entrepôts, un nombre d'incendies significatif persiste.[11]

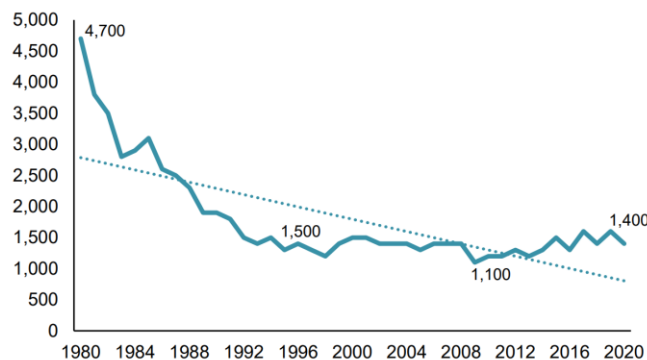


Figure 1-9: Les incendies dans les entrepôts aux Etats-Unis par année : 1980 et 2020.[11]

1.8.2.2 Dommages matériels directs causés par les incendies dans les entrepôts entre 1980-2020

Comme illustré dans la Figure ci-dessous, il n'y a pas eu de diminution correspondante dans les niveaux de dommages matériels directs causés par les incendies d'entrepôts entre 1980 et 2020. Bien que la courbe de la moyenne indique une augmentation assez modeste des pertes au fil du temps, les données montrent des fluctuations substantielles des pertes matérielles directes d'une année à l'autre, avec des diminutions régulières suivies d'augmentations, dont certaines étaient très marquées. Il convient de noter que les pertes économiques dans une année donnée peuvent être fortement influencées par un petit nombre d'incendies très importants.[11]

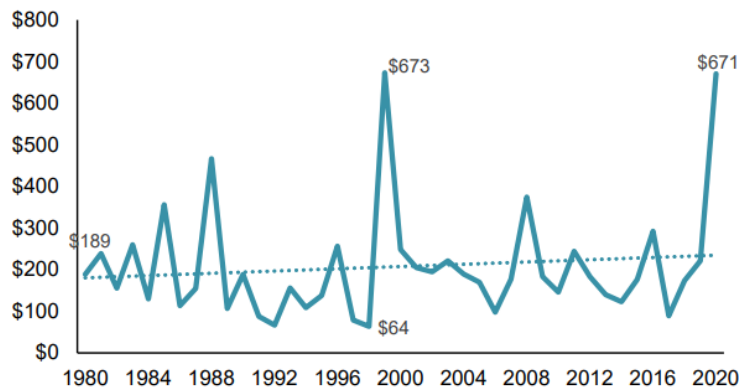


Figure 1-10: Dommages matériels directs d'incendies d'entrepôts : 1980-2020.[11]

1.8.3 Statistiques sur l'efficacité des sprinklers

Les sprinklers ont été activés dans **86 %** des incendies où ils étaient présents dans les entrepôts et lorsque l'incendie était considéré suffisamment important pour les déclencher. Ils se sont révélés efficaces pour contrôler l'incendie dans **96%** des cas où ils ont été activés.

Bien que les sprinklers soient présents dans **10%** de toutes les propriétés, seulement **2%** de tous les décès liés aux incendies surviennent dans ces propriétés. Les incendies dans les propriétés équipées de sprinklers ont causé en moyenne **42** décès par an de 2010 à 2014. Pendant la même période, les incendies dans les propriétés sans systèmes automatiques d'extinction ont causé en moyenne **2660** décès de civils par an. Les personnes décédées dans des incendies où les sprinklers fonctionnaient efficacement se trouvent dans la zone d'origine.[12]

1.9 Problématique

A partir de l'ensemble des données des statistiques présentées auparavant, il est possible de dresser une synthèse mettant en lumière les aspects importants des incendies d'entrepôt :

- Les incendies d'entrepôt, représentent un nombre d'incendies déclarés important.
- Les dommages matériels associés aux incendies d'entrepôts sont généralement très coûteux, ce coût étant à la fois imputable à la destruction des marchandises et/ou à la cessation d'activité (perte d'exploitation).
- Les incendies dans les entrepôts entraînent des décès et des victimes.

Ceci nous mène à poser des questions quant aux mesures utilisées dans les entrepôts afin d'éliminer ou de réduire les risques d'incendies :

Les recherches nous ont montré que les entrepôts doivent être équipés de dispositifs permettant la détection et l'extinction des incendies afin d'éviter toute perte. Dans notre cas d'étude spécifique pour un entrepôt, il existe : un système de sprinkler, un Système de robinets d'incendie armés (R.I.A) et un système de poteaux incendie.

Ces dispositifs doivent être correctement dimensionnés afin de permettre la maîtrise des risques d'incendies. Cela nous amène à poser une autre question : [Est-ce que ces systèmes installés sont conformes aux normes NFPA utilisées ?](#)

En plus, [Dans le cadre de constatations des écarts, quelles seront les mesures correctives à mettre en place pour se conformer aux normes NFPA ?](#)

Le sujet de cette thématique vise à traiter le problème du diagnostic des systèmes de lutte anti-incendie existants au niveau l'entrepôt de Schneider Electric et de proposer une étude de dimensionnement de ces systèmes conformément aux normes en vigueur.

*Chapitre 2 : Système de
Sprinkler*

2 Système de Sprinkler

2.1 Introduction

Le présent chapitre se focalise sur les différents aspects qui jouent un rôle essentiel dans le dimensionnement de ces systèmes. Les installations de sprinklers sont des systèmes d'extinction des incendies qui permettent de contrôler et de limiter les dommages causés par les incendies. Dans cette section, nous examinerons les types de systèmes de sprinklers ainsi que les composants de système de type sous eau, en mettant l'accent sur les caractéristiques générales des sprinklers et les différents types disponibles.

Nous aborderons également la méthodologie de travail pour assurer une protection adéquate des espaces de stockage, ainsi que pour les surfaces non dédiées au stockage. Nous discuterons des meilleures pratiques et des mesures à prendre pour minimiser les risques d'incendie dans ces zones.

Enfin, nous aborderons un aspect très important à prendre en compte lors du design d'un système de sprinklers est la méthode de conception. Nous expliquerons les différentes approches utilisées pour concevoir un système de sprinklers, en tenant compte la norme NFPA 13.

En explorant ces différents aspects, nous pourrions acquérir une compréhension approfondie des systèmes de sprinklers. Cette connaissance sera précieuse pour la conception et la mise en œuvre d'un système de sprinklers efficaces, conformes à la norme NFPA 13 et adaptées aux besoins spécifiques des entrepôts.

2.2 Types de systèmes de sprinklers

Avant l'installation de système de Sprinklers, l'une des premières décisions à prendre est le choix de type de système de sprinklers à installer.

Lors de la sélection du type de système de sprinklers approprié, il est important de comprendre d'abord les différences entre les systèmes, puis de comprendre comment ces différences peuvent être bénéfiques ou préjudiciables dans certaines conditions. Choisir le mauvais type de système peut être coûteux. Il existe cinq types de systèmes de sprinklers ;

2.2.1 Système sprinklers sous eau

Il s'agit d'un système de sprinklers qui utilise des sprinklers automatiques, Ces derniers fonctionnent automatiquement lorsque leur élément sensible est activé par la chaleur dégagée par un incendie où il est chauffé à son seuil de température d'activation ou à un niveau supérieur, ce qui permet à l'eau de se déverser immédiatement, reliés à un réseau de tuyauterie contenant de l'eau à tout moment, et connecté à un système d'alimentation en eau.

C'est le système le plus simple et le plus fiable de tous les systèmes de Sprinklers. L'actionnement d'un seul sprinkler active le système. Il est important de noter que seuls les sprinklers activés par la chaleur du feu déversent de l'eau.

Les systèmes sous eau devraient toujours être le premier type de système considéré. Seulement dans les cas où ce type de système de sprinklers ne peut pas protéger adéquatement un espace, un autre type de système doit être envisagé.[13]

Les systèmes de sprinklers sous eau ne devraient être utilisés que dans les zones où la température ambiante permet de maintenir l'eau des sprinklers à une température supérieure à 4°C et inférieure à 95°C en permanence.[14]

Par exemple, un système de sprinklers sous eau n'est pas un bon candidat pour une chambre froide, car la température froide est susceptible de faire geler l'eau dans la tuyauterie du Sprinkler, entraînant des dommages à la tuyauterie et une altération du système de Sprinklers.

2.2.2 Système sprinklers sous air

Il s'agit d'un système de sprinklers utilisant des sprinklers automatiques reliés à un système de tuyauterie contenant de l'air ou de l'azote sous pression. L'ouverture d'un sprinkler permet la libération de l'air ou de l'azote, ce qui permet à la pression de l'eau d'ouvrir une vanne appelée clapet d'alarme sous air, et l'eau s'écoule ensuite dans le système de tuyauterie et sort des sprinklers ouverts.

Le système s'active lorsqu'une chute de pression se produit. Une chute de pression peut être causée par l'activation d'un seul sprinkler ou par des dommages aux tuyaux du système de Sprinkler.

Une chute de pression provoque l'ouverture de clapet d'alarme sous air et permet à l'eau de circuler dans le système.[15]

Contrairement au système sous eau ce type de système est acceptable lorsque la température

ambiante de la zone protégée peut descendre en dessous de 4°C ou supérieure à 95°C, Mais il n'est pas recommandé où la température ambiante de la zone à protéger est maintenu à une température inférieure à -7°C en permanence.[14]

2.2.3 Système sprinklers à préaction

Ce type de système de sprinklers utilise des sprinklers automatiques reliés à un système de tuyauterie contenant de l'air, pouvant être sous pression ou non., et qui est équipé d'un système de détection supplémentaire installé dans les mêmes zones que les Sprinkler s.

Il existe trois types différents de système de préaction notamment :

- Un système de verrouillage unique, qui permet l'arrivée d'eau vers la tuyauterie de sprinklers lors du déclenchement des dispositifs de détection.
- Un système de non-verrouillage, qui permet l'arrivée d'eau vers la tuyauterie de sprinklers lors du déclenchement des dispositifs de détection ou des sprinklers automatiques.
- Un système de double verrouillage, qui permet l'arrivée d'eau vers la tuyauterie de sprinklers lors du déclenchement à la fois des dispositifs de détection et des sprinklers automatiques.

Les systèmes de sprinklers à préaction sont utilisés dans des lieux où une activation accidentelle des sprinklers pourrait causer des dommages importants ou des pertes économiques, telles que les salles d'archives.

Ces systèmes sont également utilisés dans des situations où les risques d'incendie sont élevés et où une réponse rapide est nécessaire, tels que les installations de stockage de combustible liquide.

En général, ces systèmes ont l'avantage de minimiser les risques de déclenchement accidentel ou d'activation prématurée des Sprinklers.[15]

2.2.4 Système sprinklers déluge

C'est un système de sprinklers utilisant des sprinklers ouverts qui ne possèdent pas un élément pour réagir à la chaleur, reliés à un système de tuyauterie connecté à une source d'eau via une vanne qui s'ouvre lorsque le système de détection installé dans les mêmes zones que les sprinklers est déclenché. Lorsque cette vanne s'ouvre, l'eau s'écoule dans le système de tuyauterie et se déverse par tous les sprinklers qui y sont raccordés.[15]

Un système déluge est utilisé face à des risques élevés, nécessitant une mise en œuvre rapide.

Les applications classiques de ce système sont :

- Capacités non isolées, contenant des fluides inflammables ;
- Capacités inaccessibles aux équipements de protection mobiles ;
- Aéroréfrigérants ;
- Manifolds et équipements de contrôle.[3]

2.2.5 Système sous antigel

C'est un système sous eau qui utilise des sprinklers automatiques et qui contient une solution liquide pour empêcher la formation du gel dans système. Ces systèmes sont destinés à protéger de petites zones susceptibles d'être exposées à des températures très basses, telles que les quais de chargement extérieurs.

L'efficacité des mélanges d'antigel et d'eau pour lutter contre un incendie a été remise en question dans le passé, et la norme NFPA 13 comporte plusieurs exigences visant à garantir que le système est correctement conçu et calculé. En outre, les exigences garantissent que la solution antigel sera correctement conçue pour minimiser la concentration de la solution et, par conséquent, minimiser l'effet potentiel sur les capacités d'extinction de l'incendie, D'autre part les solutions antigel sont évaluées en fonction de leur capacité à permettre un contrôle efficace de l'incendie et à garantir que la solution ne serve pas de combustible à l'incendie.[13]

Par exemple une solution d'antigel de propylène glycol à 30% est acceptable si la température ambiante de la zone protégée est maintenue à (-4°C) ou au-dessous de cette dernière.[14]

2.2.6 Les composants de système de sprinkler sous eau

Les différents composants du système de sprinkler sous eau exigés par la norme NFPA 13 pour assurer le bon fonctionnement de ce type de système, sont représentés dans la figure ci-dessous ;

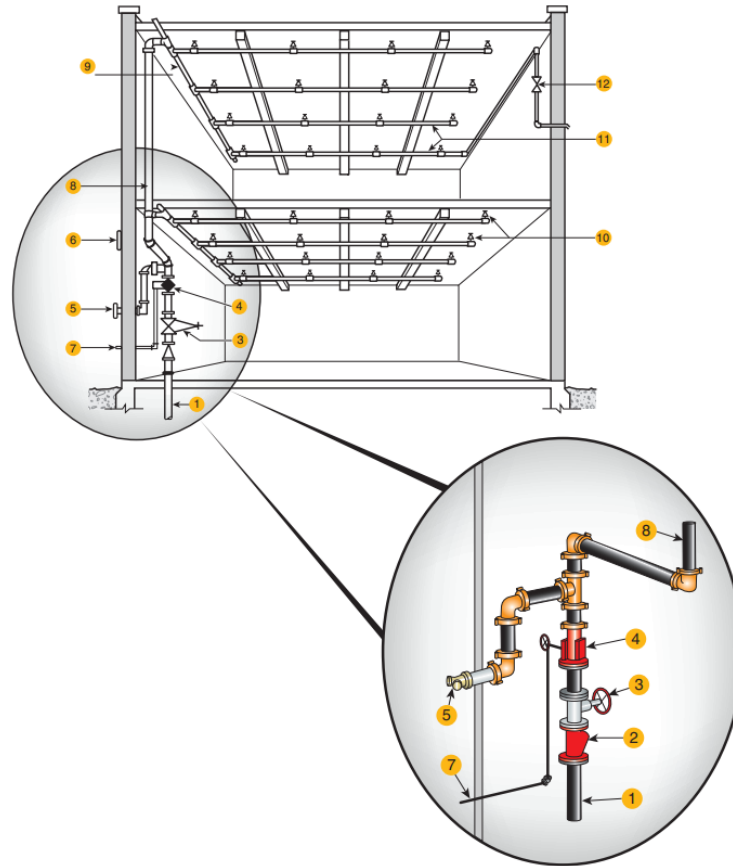


Figure 2-1: : Les composants d'un système de sprinkler sous eau.[13]

Le système de sprinkler est composé de :

1. L'alimentation en eau.
2. Le clapet anti-retour
3. Robinet-Vanne OS&Y

Le robinet-vanne OS&Y (Outside Screw and Yoke) illustré dans la figure ci-dessous, est une vanne à indicateur de position c'est un type de robinet-vanne avec une tige montante. Lorsqu'un robinet-vanne OS&Y est ouvert, la tige s'élève au-dessus du volant et il est fermé lorsque la tige descend en dessous du volant. Un robinet-vanne OS&Y peut être actionné manuellement par un volant ou à l'aide d'actionneurs.

Notant que la norme exige que les vannes ne doivent pas se fermer en moins de 5 secondes lorsqu'elles sont manipulées à la plus grande vitesse possible depuis leur position complètement ouverte.[16]



Figure 2-2 : Robinet-vanne OS&Y. [16]

4. Alarme de passage d'eau

L'appareillage d'alarme d'un système sous eau doit être composé d'un clapet d'alarme ou de tout autre dispositif de détection de passage d'eau avec tous les accessoires nécessaires permettant de donner l'alarme.[15]



Figure 2-3: Appareillage d'alarme.[16]

5. Prise de raccordement pompier
6. Alarme locale
7. Raccordement de vidange
8. Colonne montante vers les Sprinklers.
9. Collecteur de distribution : Canalisations alimentant les antennes.
10. Sprinklers.
11. Antennes : Canalisations sur lesquelles sont placés les Sprinkler s.
12. Le raccord d'essai de l'inspecteur.

2.3 Sprinkler

C'est un dispositif d'extinction ou de contrôle des incendies qui fonctionne automatiquement lorsque son élément sensible est activé par la chaleur. Cet élément est un fusible constitué d'une ampoule en verre remplie d'un liquide qui se dilate sous l'effet de la chaleur et provoque la rupture

de l'ampoule. Cette rupture permet l'éjection de l'obturateur scellant la buse, comme représenté sur la Figure 2-4. Lorsque la température dépasse un seuil critique, les forces exercées par le liquide sur l'ampoule sont suffisantes pour provoquer sa rupture. Une fois l'ampoule brisée, l'obturateur est éjecté et l'eau sous pression contenue dans le réseau est libérée par l'orifice du sprinkler sous forme de jet. Ce jet vient alors impacter le diffuseur du sprinkler et se fragmente pour former un spray.[17]

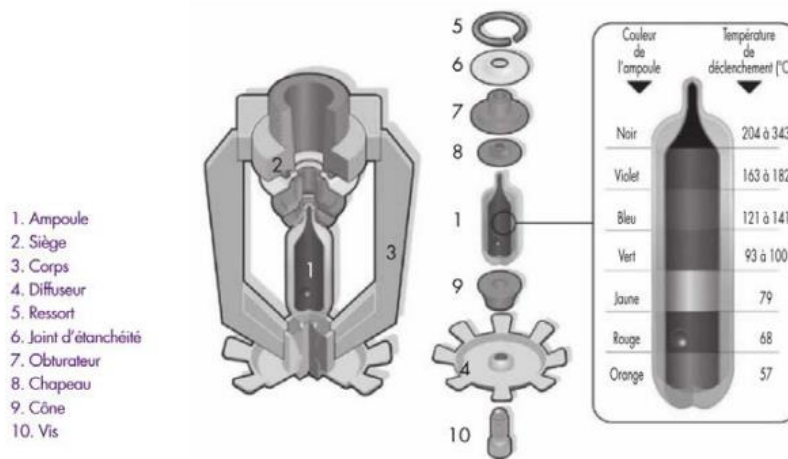


Figure 2-4: Vue schématique éclatée d'un sprinkler.[17]

2.4 Caractéristiques générales des sprinklers

Les caractéristiques suivantes de sprinkler définissent sa capacité à contrôler ou d'éteindre un incendie. Tels que ; la sensibilité thermique, la température nominale, les caractéristiques de décharge (Facteur K), et le sens de montage.

2.4.1 Sensibilité thermique

La sensibilité thermique est une mesure de la rapidité avec laquelle l'élément thermosensible fonctionne lorsqu'il est installé dans un sprinkler spécifique ou un montage de Sprinklers.

La mesure la plus courante de la sensibilité thermique est l'indice de temps de réponse (Response Time Index, RTI), mesuré dans des conditions d'essai normalisées, tel que la norme, (ISO 61821).

Le paramètre RTI correspond au temps de réponse de l'ampoule Sprinkler, défini par l'équation ci-dessous. Ce paramètre s'exprime en $(m.s)^{1/2}$ et n'est donc pas homogène à un temps. Il sert à caractériser à quelle "vitesse" l'élément sensible atteindra sa température de déclenchement. Les termes m, C et A correspondent respectivement à la masse de l'élément

sensible, sa capacité calorifique et sa surface exposée à l'écoulement. Le terme h désigne le coefficient d'échange par convection entre l'élément et le milieu environnant.

$$RTI = \frac{m C}{h A} .u^{1/2}$$

Sachant que :

m : la masse de l'élément sensible [Kg];

C : La capacité calorifique de l'élément sensible [J/k] ;

A : la surface de l'élément sensible [m^2] ;

h : le coefficient d'échange par convection entre l'élément et le milieu environnant [$W m^{-2}K^{-1}$];

u : la vitesse d'écoulement de fluide environnant [m^2/s] ;

D'après la norme NFPA 13 ;

- Les sprinklers définis comme étant à Fast-Response ont un élément thermosensible avec un RTI inférieur ou égale à 50 (mètres-secondes)^{1/2}.
- Les sprinklers définis comme ayant une réponse standard ont un élément thermosensible avec un RTI supérieur ou égale à 80 (mètres-secondes)^{1/2}.
- Les sprinklers ayant un RTI supérieur à 50 (mètres-secondes)^{1/2} et inférieur à 80 (mètres-secondes)^{1/2} sont considérés comme étant des sprinklers spéciaux.[15]

2.4.2 Température nominale

La température nominale d'un sprinkler joue un rôle essentiel dans la maîtrise et l'extinction des incendies. Les critères de sélection de la température nominale d'un sprinkler donné, dépendent des températures ambiantes maximales prévues du plafond à proximité du Sprinkler.

Un sprinkler s'active grâce à un élément thermosensible situé à l'intérieur de sa tête. Ce dernier est généralement une ampoule de verre, ou un lien métallique, conçu pour se dilater et se rompre lorsque la température de l'air atteint la classe de température du Sprinkler, libérant de l'eau sur le feu pour le maîtriser ou l'éteindre.

Les sprinklers sont codés par couleur pour permettre d'identifier facilement les classifications de température de leurs éléments thermosensibles.[15]

Le tableau ci-dessous, extrait de la norme NFPA 13, indique les températures nominales des sprinklers de chaque classe et les températures maximales de plafond pour lesquelles chaque catégorie peut être installée.

Tableau 2-1: Températures nominales.[15]

Température maximale du plafond (°C)	Température nominale (°C)	Classe de températures	Couleur des ampoules de verre
38	57-77	Ordinaire	Orange ou Rouge
66	79-107	Intermédiaire	Jaune ou vert
107	121-149	Elevé	Blue
149	163-191	Très élevé	Violet
191	204-246	Extrêmement élevé	Noire
246	260-302	Ultra-élevé	Noire
329	343	Ultra-élevé	Noire

2.4.3 Caractéristique de décharge (Facteur K)

Également appelé coefficient de débit, Ce paramètre permet d'obtenir la pression P qu'il est nécessaire d'appliquer au niveau d'une tête de sprinkler afin d'obtenir le débit d'eau Q souhaité, ou l'inverse. Ce coefficient s'exprime en L/min/ (bar)^{1/2}. Plus sa valeur sera élevée, plus le débit possible par tête de sprinkler sera important. Il est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Sachant que :

K : Est le facteur de décharge, en [L/min/ (bar)^{1/2}].






Q : Est le débit à travers l'orifice de Sprinkler , en [L/min].


P : Est la pression à l'orifice, en [bar].[15]

2.4.4 Sens de montage

Les sprinklers suivants sont définis en fonction de leur orientation d'installation :

Tableau 2-2: Classification des sprinklers selon l'orientation d'installation.[13]

Type d'orientation	Description	Illustration
Un sprinkler Caché	La plaque de recouvrement tombe lorsqu'elle est exposée à une certaine quantité de chaleur. Les éléments fusibles qui maintiennent la plaque de recouvrement sont conçus pour fonctionner avant l'activation de l'élément thermique du Sprinkler.	
Un sprinkler Affleurant	Un sprinkler dont tout ou partie du corps, sauf le filetage pour la rosace, est monté au-dessus du plan inférieur du plafond.	
Un sprinkler Pendent	Il est conçu pour diriger le jet d'eau vers le bas contre le déflecteur et sont très répandus. Cependant, ils ne peuvent pas être utilisés avec des systèmes sprinklers sous air standard en raison d'un risque d'emprisonnement d'eau entre le sprinkler et la conduite de dérivation. Cette situation peut entraîner le blocage de l'écoulement de l'eau par la glace.	
Un sprinkler Encastré	Un sprinkler dont tout ou partie du corps, y compris le filetage pour la rosace, est monté à l'intérieur d'un boîtier encastré.	
Un sprinkler Mural	Un sprinkler est équipé de déflecteurs spéciaux conçus pour diriger la majorité de l'eau loin du mur adjacent, formant ainsi un motif similaire à un quart de sphère, avec seulement une petite quantité de l'eau dirigée vers le mur situé derrière le Sprinkler.	

<p>Un sprinkler Vertical (Debout)</p>	<p>Un sprinkler conçu pour être installé de manière que le jet d'eau soit dirigé vers le haut contre le déflecteur. Contrairement aux sprinklers pendants standards, les sprinklers verticaux peuvent être utilisés dans des systèmes sprinkler sous air car l'eau ne peut pas être piégée.[13]</p>	
---------------------------------------	---	---

2.5 Les différents types de sprinklers

La plupart des modèles de spray des sprinklers entrent dans l'une des catégories suivantes :

2.5.1 Les sprinklers conventionnels

Ces types de sprinklers sont de moins en moins utilisés. Leur caractéristique est qu'ils projettent de l'eau à la fois vers le haut et vers le bas. Le but était d'avoir une tête délivrant de l'eau sur une surface de combustible tout en protégeant également la toiture en utilisant 30 % à 60 % du volume total d'eau délivré par le Sprinkler.[15]

2.5.2 Les sprinklers sprays

Les sprinklers sprays se distinguent par le fait que plus de 90 % de l'eau est dirigée vers le bas afin d'atteindre la surface de combustible. Cette caractéristique les distingue des sprinklers conventionnels. Le choix de ce type de sprinkler est largement préféré en raison de son efficacité de contrôle supérieure à celle des sprinklers conventionnels. Dans la majorité des cas, ces sprinklers sont orientés vers le bas. L'eau est donc directement projetée sur la surface.[17]

2.5.3 Contrôle Mode Density Area (CMDA)

Un type de spray Sprinkler, destiné à assurer le contrôle des incendies dans les applications de stockage, la notion de "densité-Surface" fait référence à la manière dont les systèmes CMDA sont choisies. Un ensemble de courbes densité-surface spécifie la quantité de débit d'eau nécessaire pour une superficie impliquée donnée.

C'est un type de spray sprinkler destinés aux applications de stockage et doivent avoir un coefficient de débit K-160 ou plus grand et être homologué pour les applications de stockage.

Les spray sprinklers qui ont un facteur k nominal de K-80 ou K-115 sont permis d'être utilisés

pour les applications de stockage comme CMDA Sprinklers.[15]

2.5.4 Contrôle Mode spécifique application (CMSA)

Un type de spray Sprinkler, capable de produire de grosses gouttes d'eau, et qui est homologué pour sa capacité à contrôler l'incendie dans le cas de risque d'incendie particulièrement élevé. Trois coefficients k sont possibles ; K-160, K-240 ou k-280.[15]

2.5.5 Early Suppression Fast-Response Sprinkler (ESFR)

Un type de Sprinkler, qui possède un élément thermosensible avec un RTI inférieur ou égale à 50 (mètres-secondes)^{1/2}, homologué pour sa capacité à éteindre un incendie en cas de risque d'incendie particulièrement élevé. Leur coefficient de débit doit être au minimum supérieur à K-200.[15]

2.6 Types de configurations de réseau hydraulique des sprinklers

On distingue trois types de configuration de réseau hydrauliques des sprinklers ; configuration en arbre, configuration maillée, et configuration bouclée.

2.6.1 Configuration ramifiée

C'est le système le plus basique de disposition des canalisations, qui possède un seul collecteur de distribution raccordé à des antennes qui ne sont pas reliés entre eux, ce qui permet à l'eau de s'écouler par un seul chemin vers un sprinkler en fonctionnement.[13]

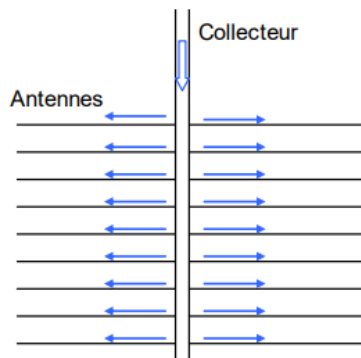


Figure 2-5: Configuration ramifié.[13]

2.6.2 Configuration maillée

Un système de sprinklers dans lequel les collecteurs de distribution parallèles sont reliés par des antennes multiples. Un sprinkler en fonctionnement recevra de l'eau des deux extrémités de son antenne. Tandis que les autres antennes permettent le transfert de l'eau entre les collecteurs de distribution. L'avantage de cette conception c'est que le risque de perte de pression dans la tuyauterie du système par rapport à d'autres configurations.

Bien que cette configuration, possède des caractéristiques hydrauliques très avantageuses, certaines limitations et conditions de conception sont associées à son utilisation, Par exemple, les configurations maillées ne sont pas autorisées pour les systèmes sprinklers sous air et certains systèmes à préaction, car des quantités excessives d'air peuvent rester piégées dans les canalisations du système, ce qui retarde considérablement l'arrivée de l'eau dans les sprinklers en fonctionnement.

Cette configuration doit être équipé d'une soupape de sûreté pour éliminer l'air emprisonné dans la tuyauterie. Outre l'élimination de l'air emprisonné, la soupape de décharge permet de compenser les fluctuations de pression liées à la dilatation thermique de l'eau dans la tuyauterie.[13]

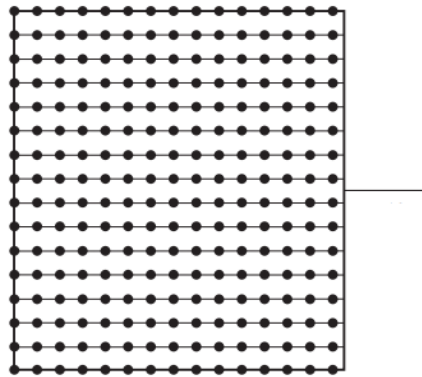


Figure 2-6: Configuration maillée.[15]

2.6.3 Configuration bouclée

Un système de sprinklers dans lequel les collecteurs de distribution multiples sont reliés entre elles afin de fournir plusieurs voies d'écoulement de l'eau vers un sprinkler en fonctionnement, tandis que les antennes ne sont pas reliées entre elles. Bien que les systèmes en configuration maillée offrent de meilleures performances hydrauliques que les systèmes en configuration

bouclée, les calculs hydrauliques associés à un système en configuration bouclée ne sont pas aussi complexes que ceux d'un système en configuration maillée.

En outre, les systèmes bouclés ne présentent pas les mêmes limitations et considérations de conception que les systèmes maillés.[13]

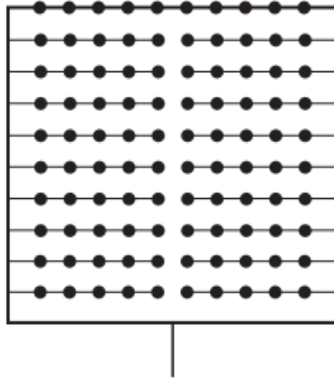


Figure 2-7: Schéma d'une configuration bouclée.[15]

2.7 Méthodologie de travail pour la protection du stockage

La méthodologie du travail pour la protection du stockage comprend les étapes suivantes :

2.7.1 Identification de la classe des marchandises stockées

La classification est déterminée en fonction de la composition de la marchandise, du type d'emballage, de la présence ou non de palettes, ainsi que la nature des palettes. Il existe quatre différentes classes de marchandises, notamment ;

- **Classe I**

Une marchandise de classe I se définit comme un produit non combustible satisfaisant à l'un des critères suivants :

- Marchandise placée directement sur des palettes en bois,
- Marchandise placée dans des cartons ondulés monocouche, avec ou sans carton intercalaire monocouche, avec ou sans palette,
- Marchandise enveloppée dans du film plastique rétractable ou dans du papier comme charge unitaire avec ou sans palette.[15]

- **Classe II**

Une marchandise de classe II se définit comme un produit non combustible, conditionné dans

des cageots à lattes en bois, boîtes en bois plein, cartons ondulés multicouches ou matériau d'emballage combustible similaire, avec ou sans palette.[15]

Avant de passer aux autres types de marchandises, il faut s'avoir que la NFPA 13 a classifié les matières plastiques, Celles-ci étant divisée en trois groupes, regroupés dans le tableau illustré dans l'**ANNEXE C**.

La NFPA 13 a devisé les produits en plastiques du groupe A en deux catégories :

- Exposé à l'air libre.
- Conditionné en bois et/ ou en carton.

Ces deux catégories de plastiques du groupe A se divisent en plastiques expansés et les plastiques non expansés ;

- **Les plastiques expansés du Groupe A**

Les plastiques dont la densité est réduite par la présence de poches d'air dispersées dans leur masse. Les cacahuètes d'emballage ou la mousse acoustique en sont des exemples.[15]

- **Les plastiques non expansés du Groupe A**

Le non-expansé est tout ce qui n'est pas couvert par la définition de l'expansé. C'est un plastique qui n'a pas de structure de cellules d'air ou de bulles à l'intérieur de sa composition. Il s'agit généralement de plastiques solides et denses, tels que le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC).[15]

Pour récapituler, le schéma ci-dessous résume les différents types de plastique, définis par la norme NFPA 13 ;

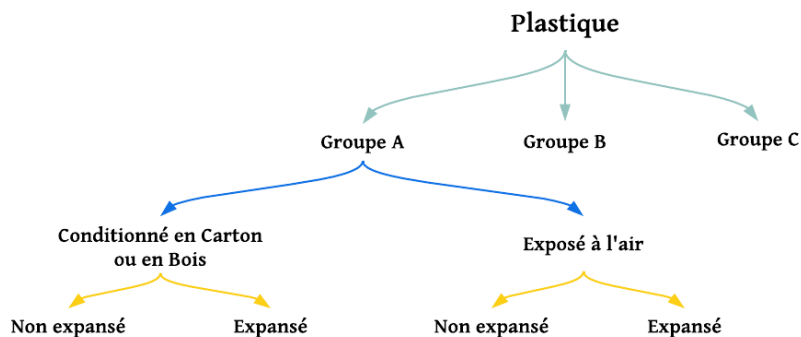


Figure 2-8: Les différents types de plastique.

- **Classe III**

Une marchandise de classe III se définit comme un produit en bois, papier, fibres naturelles ou plastique du groupe C, avec ou sans carton, boîte ou cageot, et avec ou sans palette.

Une marchandise de classe III peut contenir une quantité limitée (5% ou moins en poids ou en volume) de plastiques du groupe A ou B.[13]

Notant que si on dépasse les pourcentages prescrits au-dessus on se retrouve dans la catégorie de marchandise de type plastique du groupe A, expansé ou non expansé conditionné en carton ou en bois.

Le graphe ci-dessous extrait de la Norme NFPA 13, représente la classification des marchandises, contenant un mélange de plastique expansé et non expansé du groupe A, celles-ci sont conditionnées soit dans un carton, soit dans un conteneur en bois ;

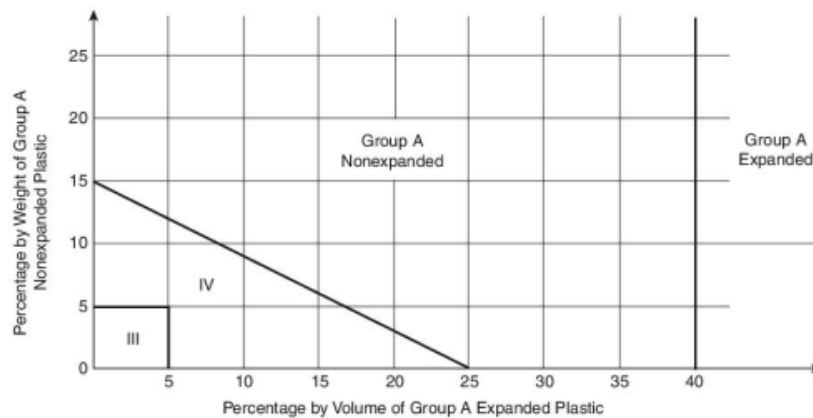


Figure 2-9: Classification des marchandises, en carton ou dans un conteneur en bois, contenant un mélange de matières plastiques expansées et non expansées du groupe A. [15]

- **Classe IV**

Une marchandise de classe IV se définit comme un produit, avec ou sans palette, satisfaisant à l'un des critères suivants :

- Marchandise fabriquée partiellement ou totalement à partir de plastiques du groupe B,
- Marchandise composée de matériaux plastiques « à écoulement libre » du groupe A (granulés),
- Marchandise dont la composition propre ou celle de l'emballage présente une quantité notable (5 à 15 % en poids ou 5 à 25 % en volume) de plastiques du groupe A.

Les matériaux restants peuvent être en métal, bois, papier, fibres synthétiques ou naturelles ou en plastique de groupe B ou C. [13]

Cependant, lorsqu'on dépasse les pourcentages prescrits au-dessus on se retrouve, dans la catégorie de marchandise de type plastique du groupe A, expansé ou non expansé et exposé à l'air libre.

Le graphe ci-dessous extrait de la norme NFPA 13, représente la classification des marchandises de classe III, contenant un mélange de plastique expansé et non expansé du groupe A, mais qui sont exposés à l'air et non conditionnés ;

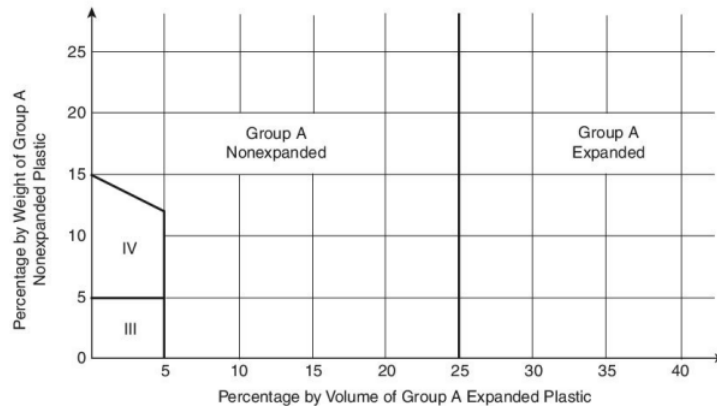


Figure 2-10: Classification des marchandises, exposés à l'air contenant un mélange de matières plastiques expansées et non expansées du groupe A.[15]

2.7.2 Identification du mode de stockage

La façon ou la disposition dont le stockage est disposé est un facteur déterminant du risque incendie. Il existe trois modes de stockage distincts, à savoir :

2.7.2.1 Stockage en masse

Dans ce mode, les marchandises sont empilées les unes sur les autres, ce qui présente le moins de risque. En effet, la structure serrée limite les espaces entre les empilements, réduisant donc la circulation de l'air. Par conséquent, il y aura moins d'oxygène pour alimenter le feu. Celui-ci ne peut se propager que sur les faces extérieures des empilements, là où les moyens de protection tels que les sprinklers peuvent agir efficacement.

Il est important de limiter la hauteur de ce type de stockage principalement pour des raisons de stabilité ainsi que sa taille pour permettre aux eaux d'extinction d'atteindre plus efficacement le foyer de l'incendie une fois qu'il se développe. Pendant un incendie, les stockages en masse (comme ceux en palettes décrits ci-après) peuvent avoir tendance à s'effondrer. Cela a l'avantage

de réduire la hauteur de l'incendie mais aura dans certains cas, cela peut également favoriser sa propagation latérale.[4]

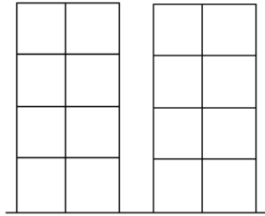


Figure 2-11: Stockage en masse.[4]

2.7.2.2 Stockage palettisé

Lorsqu'il s'agit de stockage en palettes, les marchandises sont placées sur des palettes puis empilées les unes sur les autres. La présence de palettes offre un avantage pratique en termes de manutention. Cependant, ce type de stockage crée un espace d'air horizontal au niveau des palettes, ce qui facilite la propagation d'un incendie vers un endroit difficilement accessible pour un réseau de Sprinklers.[4]

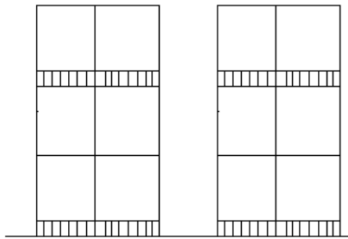


Figure 2-12: Stockage palettisé.[4]

2.7.2.3 Stockage en racks

Enfin, dans un stockage en racks, les marchandises placées sur des palettes sont disposées dans des casiers métalliques sur plusieurs niveaux en fonction de la hauteur de stockage.

Le stockage en rack présente un défi particulier en raison de la présence d'espaces horizontaux et verticaux importants ainsi que des hauteurs de stockage supérieures à celles des stockages en masse ou palettes.

Il s'agit donc d'une configuration particulièrement défavorable en termes de propagation d'incendie car l'air peut facilement circuler entre les niveaux. L'ANPI (Association Nationale pour la Protection contre l'Incendie et l'Explosion) note à ce sujet que la vitesse de propagation verticale

dans des racks peut atteindre **10 à 40** m/min. Ainsi, un incendie partant de la base des racks atteindrait rapidement le niveau supérieur sous toiture, en seulement quelques minutes.[4]

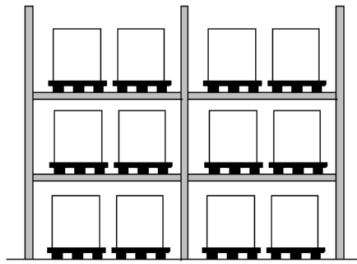


Figure 2-13: Stockage en racks.[4]

2.7.3 La hauteur de stockage

La hauteur de stockage est un facteur essentiel qui influe le niveau du risque d'incendie associé au stockage. Pour cette raison, la *NFPA 13*, considère qu'un stockage élevé tout mode de stockage dont la hauteur dépasse **3.7 m**. Dans le cas où le produit stocké est combustible, le niveau de risque d'incendie est classé comme étant un risque d'incendie particulièrement élevé.

2.7.4 Classification des marchandises en fonction du niveau de risque d'incendie

Pour un tel mode de stockage, il peut y avoir différentes classes de marchandises. Pour cette raison la *NFPA 13* a établi une classification dans laquelle les classes de marchandises sont classées selon la gravité du risque d'incendie qu'elles représentent. Cela permet de sélectionner le type de sprinkler à installer en se basant sur la classe de marchandise la plus dangereuse.

La figure ci-dessous illustre la classification des marchandises en fonction de la gravité d'incendie qu'elles peuvent causer.

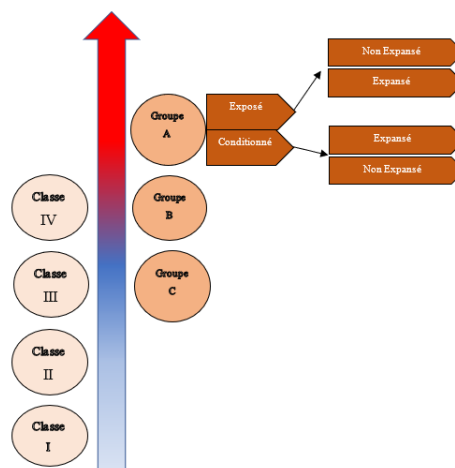


Figure 2-14: Classification de classes des marchandises selon la gravité d'incendie.

2.7.5 Calcul de la pente du plafond

La pente du plafond est calculée en mesurant la variation de hauteur par rapport à la distance horizontale, la NFPA 13 définit un plafond horizontal, un plafond qui présente une pente inférieure ou égale à **16.7%** (2 unités de la hauteur sur 12 unités de la distance horizontale), dans le cas contraire le plafond est considéré comme étant un plafond en pente.[13]

La détermination de la pente est un facteur primordial dans le choix du type de sprinkler à installer, car certaines caractéristiques des systèmes sprinklers spécifiées dans la norme sont destinées à s'appliquer à des locaux dont les plafonds horizontaux ou en pentes.

2.7.6 La distance entre le déflecteur du sprinkler et le plafond

Après le choix du type de sprinkler approprié, Il faut sélectionner la distance entre le déflecteur du sprinkler et le plafond situé au-dessus. Notant que ces distances doivent être choisies en fonction du type de sprinkler et du type de construction, sauf pour le sprinkler de type ESFR cette distance dépendra de son facteur K et son orientation. Ces distances sont résumées dans le tableau ci-dessous ;

Cependant, il faut sélectionner le type de construction au premier lieu, la NFPA 13 a divisé les constructions en deux types, constructions avec obstacles et constructions sans obstacles.

- **Une construction avec obstacles**

C'est une construction à panneaux ou toute autre construction dans laquelle les poutres, fermes ou autres éléments gênent le flux thermique ou l'arrosage d'eau au point d'affecter de manière sensible la capacité des sprinklers à contrôler ou éteindre un incendie.[13]

- **Une construction sans obstacles**

En revanche, une construction sans obstacles est une construction dans laquelle les poutres, fermes ou autres éléments ne gênent pas le flux thermique ou l'arrosage d'eau au point d'affecter de manière sensible la capacité des sprinklers à contrôler ou éteindre un incendie.[13]

Tableau 2-3: La distance entre le déflecteur et le plafond situé au-dessous.

Sprinklers de type spray et conventionnel				
Construction sans obstacles				
La distance minimale [mm]		La distance maximale [mm]		
25		300		
Exceptions				
Ces exigences ne doivent pas s'appliquer pour les activités à risques légers ou ordinaires avec des plafonds de construction non combustible.				
Construction avec obstacles				
Exigences		Illustrations		
<p>Les déflecteurs sont installés dans des plans horizontaux situés à une distance comprise entre (25 mm et 150 mm) en dessous des éléments de charpente et à une distance maximale de 550 mm en dessous du plafond/toiture.</p> <p>Dans le cas où la configuration du plafond pose un défi pour respecter cette exigence d'autres exigences s'appliquent.</p>				
Sprinkler de type CMSA				
Construction sans obstacles				
La distance minimale [mm]		La distance maximale [mm]		
150		200		
Construction Avec obstacles				
La distance minimale [mm]		La distance maximale [mm]		
150		300		
Sprinkler de type ESFR				
Facteur K [L /min / (bar) ^{1/2}]	Sprinkler Pendent		sprinkler Vertical	
	La distance minimale [mm]	La distance maximale [mm]	La distance minimale [mm]	La distance maximale [mm]

200	150	300	75	300
240	150	300	75	300
320 et 360	150	450		

2.7.7 La distance entre le déflecteur de sprinkler et le stockage

De plus pour assurer la surface de couverture de chaque sprinkler, et l'efficacité de ce dernier à contrôler un incendie, il faut respecter la distance libre entre le déflecteur et le stockage, Le tableau ci-dessous résume ces distances exigées par la norme NFPA 13 en fonction de type de sprinkler ;

Tableau 2-4 : L'espace libre jusqu'au stockage pour chaque type de sprinkler.

Type de sprinkler	L'espace libre jusqu'au stockage
CMDA	450 mm ou plus
CMSA	900 mm ou plus
ESFR	900 mm ou plus

Il existe d'autres exigences concernant l'espace libre jusqu'au stockage, pour le sprinkler de type CMDA, Pour les différentes classes de marchandises, cette limitation doit être prise en considération. Le tableau ci-dessous illustre l'espace libre maximum entre le stockage et le plafond pour l'utilisation de sprinklers de type CMDA.

Tableau 2-5: Espace libre maximum sous plafond pour les critères de protection de la CMDA.[15]

Marchandise	Classe 1 jusqu'à 4	Plastique Groupe A
En piles, palettisé, sur étagères	6.1 m	6.1 m
Stockage sur Racks \leq (7.6m)	6.1 m	3.0 m
Stockage sur Racks $>$ (7.6m)	3.0 m	3.0 m

2.8 Méthodologie de travail pour la protection des zones non dédiées au stockage

Dans les zones, où se déroule une activité en dehors du stockage. Le choix du type de sprinkler se fait en fonction de la classe du risque associé à cette activité en fonction des critères spécifiés dans

la norme. Il est important de noter que les classifications des activités ou parties d'activités présentées dans la figure ci-dessous, conformément à la norme NFPA 13, se rapportent uniquement aux exigences relatives à l'alimentation en eau, à la conception et à l'installation des Sprinklers. *Elles ne sont pas destinées à constituer une classification générale des risques d'incendie liés aux différentes activités.*

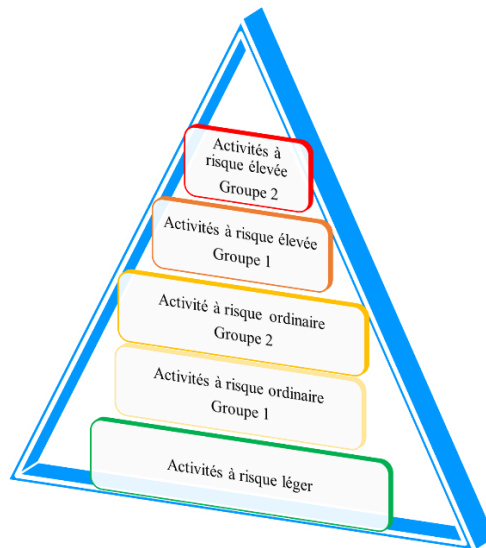


Figure 2-15: Classification des activités.

2.8.1 Activités à risque léger

Les activités à risque léger se définissent comme des activités ou parties d'autres activités dans lesquelles la quantité et /ou le pouvoir calorifique des produits présents est / sont faible(s) et dans lesquelles des incendies avec des débits calorifiques relativement faibles sont à attendre.

2.8.2 Activités à risque ordinaire (Groupe 1)

Les activités à risque ordinaire (Groupe 1) se définissent comme des activités ou parties d'autres activités dans lesquelles le pouvoir calorifique est faible, la quantité de produits combustibles modérée, les piles de stockage de combustibles inférieures ou égales à (2,4 m) et dans lesquelles des incendies avec des débits calorifiques modérés sont à attendre.[15]

2.8.3 Risque ordinaire (Groupe 2)

Les activités à risque ordinaire (Groupe 2) se définissent comme des activités ou parties d'autres activités dans lesquelles la quantité et le pouvoir calorifique des produits présents sont modérés à élevés, les piles de stockage inférieures ou égales à (3,7 m) et dans lesquelles des

incendies avec des débits calorifiques modérés à élevés sont à attendre.[15]

2.8.4 Risque élevé (Groupe 1)

Les activités à risque élevé (Groupe 1) se définissent comme des activités ou parties d'autres activités dans lesquelles la quantité et le pouvoir calorifique des produits présents sont très élevés et dans lesquelles on trouve des poussières, bourres et autres matériaux, ce qui rend probable le développement rapide d'incendies avec des débits calorifiques élevés mais avec peu ou pas de liquides combustibles ou inflammables. [15]

2.8.5 Risque élevé (Groupe 2)

Les activités à risque élevé (Groupe 2) se définissent comme des activités ou parties d'autres activités avec des quantités modérées à élevées de liquides inflammables ou combustibles ou comme des activités dans lesquelles la mise en protection des matières combustibles requiert des moyens importants.[15]

2.9 Surface couverte par Sprinkler et Espacement des sprinklers

Les sprinklers doivent être placés, espacés et positionnés conformément aux exigences de la **NFPA 13**, afin de garantir la protection de la surface couverte par chaque sprinkler (A_s), cette surface doit être calculer comme suit :

- Détermination de la distance le long des antennes :
 - a) Déterminer la distance entre les sprinklers (ou jusqu'au mur ou jusqu'à l'obstacle en cas de sprinkler d'extrémité sur l'antenne) en amont et en aval,
 - b) Choisir la distance la plus importante entre le double de la distance jusqu'au mur et la distance jusqu'au prochain Sprinkler.
 - c) Cette dimension sera appelée S,
- Détermination de la distance entre les antennes :
 - a) Déterminer la distance perpendiculaire jusqu'au sprinkler situé sur l'antenne voisine (ou jusqu'au mur ou jusqu'à l'obstacle dans le cas de la dernière antenne) de chaque côté de l'antenne sur laquelle est positionné le Sprinkler.
 - b) Choisir la distance la plus importante entre le double de la distance jusqu'au mur ou jusqu'à l'obstacle et la distance jusqu'au prochain Sprinkler.

c) Cette dimension sera appelée L.

- La surface couverte par sprinkler doit être calculée en multipliant la dimension S par la dimension L :

$$A_s = L \times S.$$

Mais il faut prendre en considération que, la surface couverte par Sprinkler, et l'espacement entre les sprinklers sont limitées, cette limitation repose au premier lieu sur le type de Sprinkler s, Autre considération doit être en compte, c'est que la distance maximale entre le dernier sprinkler et le mur (s'il existe) n'excède pas la moitié de l'espacement maximale entre les Sprinklers. [15]

2.10 Méthodes de conception

La méthode de conception dépend de type de sprinkler utilisé, il existe trois méthodes de conception : la méthode de Densité/ surface, et la méthode de nombre de sprinklers /pression ;

2.10.1 La méthode de Densité/ Surface

La méthode densité/surface peut être généralement définie comme une quantité d'eau donnée (débit de décharge des Sprinkler s) sur une surface spécifiée est connu sous le nom surface impliquée. Cette quantité d'eau donnée est connue sous le nom de densité de conception, qui est destinée à contrôler un incendie jusqu'à ce qu'il puisse être complètement éteint par l'équipe d'intervention interne ou les services d'urgence. Pour comprendre cette notion, imaginons que, dans le cas d'un incendie, chaque mètre carré dans la surface couverte par un Sprinkler, nous plaçons un bac pour recueillir l'eau provenant du Sprinkler. Lorsque nous calculons la quantité d'eau d'un Sprinkler, nous devons nous assurer qu'une quantité appropriée d'eau tombe dans chaque mètre carré. Cette quantité qui tombe pendant une minute s'appelle la densité de décharge (D), elle est sélectionnée à partir des courbes illustrés par la figure ci-dessous.

La surface impliquée (S) est la zone prévue pour le fonctionnement des Sprinkler s, c'est la zone éloignée pour laquelle la quantité d'eau donnée (densité de conception) doit être appliquée. Pour les calculs de la demande en eau, on suppose que tous les sprinklers de cette zone fonctionneront simultanément.

Lors du calcul de la demande en eau nécessaire pour le système, il est impératif de choisir l'emplacement correct de cette surface, la zone sélectionnée doit être la plus exigeante d'un point de vue hydraulique, qui est souvent le point physiquement le plus éloigné de la colonne montante du système de Sprinkler , Cependant, ce n'est pas toujours le cas, et surtout pour les configurations

maillées, où il est très difficile de localiser cette surface, pour cela il est primordial d'utiliser un logiciel.

L'identification de la surface impliquée consiste à sélectionner la surface en mètres carrés, en fonction du type d'activité à partir des critères de conception, spécifiées dans le graphe ci-dessous ;

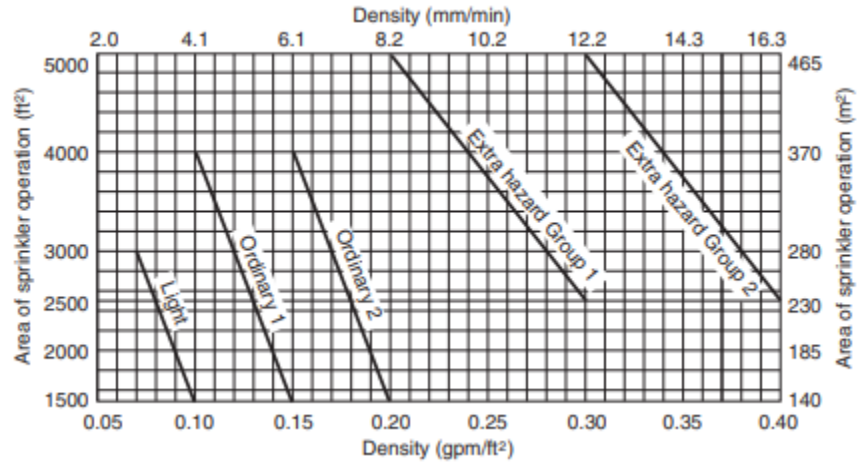
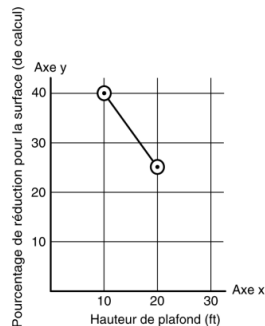


Figure 2-16: Courbe Densité/surface.[15]

Lorsque des sprinklers à réponse rapide, sont utilisés dans un système, la surface impliquée du système peut être réduite sans modification de la densité, tel qu'indiqué à la figure ci-dessous lorsque toutes les conditions suivantes sont satisfaites :

- Système sous eau.
- Activité à risque ordinaire ou léger.
- Hauteur sous plafond maximale de (6,1 m).

Absence de caissons sous plafond non protégés dépassant 2,97 m². [15]



Note : $y = -\frac{3x}{2} + 55$

Pour une hauteur de plafond ≥ 10 ft et ≤ 20 ft, $y = -\frac{3x}{2} + 55$

Pour une hauteur de plafond < 10 ft, $y = 40$

Pour une hauteur de plafond > 20 , $y = 0$

Pour les unités SI, 1 ft = 0.31 m.

Figure 2-17: Réduction de la surface de calcul pour les sprinklers à réponse rapide.[15]

2.10.1.1 Calcul de la quantité d'eau nécessaire pour chaque sprinkler

Après détermination de la surface couverte par chaque sprinkler utilisant la formule ci-dessous, Nous utilisons cette surface pour déterminer la quantité d'eau nécessaire débiter par chaque sprinkler en cas d'incendie.

Si nous connaissons la surface de couverture d'un sprinkler et la densité de décharge requise, nous pouvons déterminer la quantité totale d'eau qui doit sortir de Sprinkler. En d'autres termes la quantité totale d'eau qui doit s'écouler d'un sprinkler (Q_S), est déterminée en multipliant la surface (A_S) par la densité (D). Cela pourrait être exprimé comme suit :

$$Q_S = A_S \times D$$

Sachant que ;

Q_S : Le débit délivré par un sprinkler [L/min] ;

A_S : La surface couverte par sprinkler [m^2] ;

D : La densité de décharge [L/min/ m^2]. [15]

2.10.1.2 Calcul de la pression

Une fois que le débit (Q_S) est déterminé au niveau du Sprinkler, la pression (P) au niveau de celui-ci peut être déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$P = \left(\frac{Q_S}{K} \right)^2$$

Sachant que ;

P : La pression au niveau de sprinkler [bar] ;

Q_S : Le débit délivré par un sprinkler [L/min] ;

K : Le facteur de décharge, en [L/min/ (bar) $^{1/2}$]. [15]

2.10.1.3 Calcul du nombre de sprinklers requise pour le calcul hydraulique

Après détermination de la surface impliquée, nous devons en déterminer sa forme. Cette forme de la zone éloignée détermine quels sprinklers seront calculés pour débiter de l'eau en cas d'incendie à partir de la relation suivante :

$$N_T = \frac{A_{imp}}{A_S}$$

Sachant que ;

N_T : Le nombre total des sprinklers requis sur la surface impliquée ;

A_{imp} : La surface impliquée [m^2] ;

A_s : La surface couverte par sprinkler [m^2]. [15]

2.10.1.4 Longueur de la surface éloignée

Ensuite, nous allons calculer la longueur de la zone éloignée, en utilisant la formule suivante ;

$$l = 1.2 \times \sqrt{A_{imp}}$$

Tel que :

l : La longueur de la surface impliquée [m] ;

A_{imp} : La surface impliquée [m^2]. [15]

2.10.1.5 Nombre de sprinkler par chaque antenne de la surface éloignée

Par la suite, nous pouvons déterminer le nombre des sprinklers par chaque antenne de la surface impliquée, en utilisant la relation suivante ;

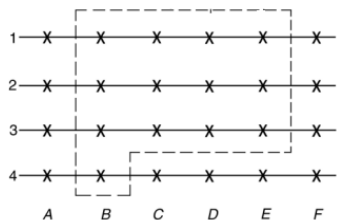
$$N_s = \frac{l}{S}$$

N_s : Nombre de sprinkler par chaque antenne de la surface impliquée ;

l : La longueur de la surface impliquée [m]

S : Espacement entre les sprinklers le long de l'antenne [m].

Dans le cas où la surface impliquée n'est pas uniforme, c'est-à-dire que la dernière antenne ne possède pas le même nombre des sprinklers que les autres antennes dans la surface impliquée, on peut se faire référence à la figure ci-dessous pour déterminer la localisation des sprinklers supplémentaires sur la dernière antenne. [15]



Notes :

1. Pour les réseaux maillés, les sprinklers supplémentaires sur l'antenne 4 peuvent être placés dans toutes les zones adjacentes de B et E selon le choix de la personne qui effectue les calculs.

2. Pour les réseaux bouclés ou ramifiés, le sprinkler supplémentaire de l'antenne 4 doit se trouver le plus près possible du collecteur.

Figure 2-18: Localisation des sprinklers supplémentaires.[15]

2.10.2 La méthode nombre de sprinklers /pression

Dans cette méthode de conception, le nombre de sprinklers total requis dans la conception hydraulique est une valeur donnée. Ainsi que le facteur-K, la pression requise au niveau du sprinkler le plus éloigné, sont données.

Une fois que le nombre total des sprinklers requis dans la conception est sélectionné à partir des tables fournis par La NFPA, nous devons déterminer le nombre des sprinklers sur chaque antenne, dans la surface impliquée, en utilisant la formule suivante :

$$N_s = \frac{1.2 \times (N_T \times S \times L)^{1/2}}{S}$$

N_T : Le nombre total des sprinklers requis dans la conception

N_s : Le nombre de sprinklers requis sur chaque antenne de la surface impliquée ;

S : Espacement entre les sprinklers le long de l'antenne ;

L : Espacement entre les antennes.[15]

2.10.3 Méthode pour les sprinklers de type ESFR

Pour les sprinklers ESFR, le nombre de sprinklers total requis dans la conception hydraulique est de **12** Sprinkler s, comprenant **4** sprinklers sur chacun des trois antennes. Ainsi que le facteur-K, la pression requise au niveau du sprinkler le plus éloigné, sont données. [15]

2.11 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a exploré en détail les différents aspects de système de sprinkler. Nous avons examiné les divers composants de ce système et rôle dans son fonctionnement. De plus, nous avons mis en évidence les caractéristiques et les critères de choix des systèmes ainsi que des types de sprinklers.

En abordant la méthodologie de conception de ce système, nous avons acquis une base solide pour relever les défis futurs liés à sa mise en place et nous permettra de plus d'aborder les aspects pratiques et les considérations techniques nécessaires pour une conception efficace du système de sprinkler.

*Chapitre 3 : Système de
Robinets d'incendie
Armés (R.I.A) et système
des Poteaux Incendie*

3 Système de Robinets d'incendie Armés (R.I.A) et système des Poteaux Incendie

3.1 Introduction

Le présent chapitre se concentre sur deux aspects essentiels de la protection incendie dans les entrepôts : le système Robinet Armé Incendie (R.I.A) et le système de poteaux incendie. Ces systèmes jouent un rôle crucial dans l'extinction des incendies, donc leur dimensionnement adéquat est primordial pour assurer une protection efficace.

Dans la première partie de ce chapitre, nous aborderons en détail le système Robinet Armé Incendie (R.I.A), Nous examinerons ensuite les différentes classes de ce système, ainsi que l'emplacement optimal des R.I.A. De plus, nous étudierons les exigences de dimensionnement spécifiques à ce type de système, en mettant l'accent sur les procédures de calcul hydraulique et de dimensionnement en se basant sur la norme **NFPA 14**.

Dans la deuxième partie, nous nous pencherons sur le système de poteaux incendie. Nous commencerons par présenter des notions essentielles pour se familiariser avec le dimensionnement de ces poteaux incendie. Nous explorerons également l'emplacement des poteaux incendie, en tenant compte les exigences des normes **NFPA**.

3.2 Système Robinet Armé Incendie (R.I.A)

Les R.I.A permettent de combattre le feu par l'emploi d'eau sous pression en quantité appréciable. Ces systèmes de premier secours, destinées à être mise en œuvre dès l'alerte d'incendie ont un champ d'action plus élevé que les extincteurs. En plus des sprinklers, si l'installation en est équipée, les RIA participent à la protection active mais leur action est manuelle et non automatique, ce qui implique l'intervention d'une équipe formée.

Ainsi une installation de RIA (Robinets d'Incendie Armés) joue un rôle essentiel dans la gestion des incendies en permettant une première intervention rapide et efficace, en attendant l'arrivée de moyens plus importants et spécialisés.

L'installation comporte une source d'eau, des canalisations, et des colonnes montantes ainsi des robinets d'incendie.[18]

3.2.1 Classes des colonnes montantes

Selon la norme NFPA 14, il existe trois (3) classes de colonnes montantes qui se distinguent principalement par le type des robinets d'incendie attachés aux colonnes montantes, comprenant les classes suivantes :

3.2.1.1 Classe I

Il doit comporter des raccords de tuyaux de 65 mm pour fournir de l'eau aux services d'incendie et aux personnes formées à la manipulation de jets d'eau importants.



Figure 3-1: Colonne montante Classe I. [19]

Les systèmes de classe I sont généralement exigés dans les bâtiments qui sont composés de plus de trois étages au-dessus ou au-dessous du niveau du sol, en raison du temps et de la difficulté nécessaires pour installer les tuyaux des engins d'incendie directement jusqu'aux étages éloignés.[19]

3.2.1.2 Classe II

Un système utilisant des robinets d'incendie dont le diamètre est de 40 mm, pour fournir de l'eau qui sera principalement utilisée par le personnel formé ou par le personnel formé pendant l'intervention initiale.[19]

Ce matériel de lutte contre l'incendie comprenant ;

- Un dévidoir à alimentation axiale.
- Un robinet d'arrêt d'alimentation en eau adjacent au dévidoir.
- Un robinet diffuseur fixé à l'extrémité du tuyau, utilisé pour diriger et contrôler le jet d'eau.
- Un robinet de vidange permettant l'évacuation rapide des boues stagnantes
- Une longueur élémentaire de tuyau semi-rigide.[18]

La figure ci-dessous illustre ces composant ;



Figure 3-2: Colonne montante Classe II.[18]

3.2.1.3 Classe III

Un système combiné entre le classe I et classe II qui fournit des robinets d'incendie de 40 mm pour fournir de l'eau au personnel qualifié et des raccords de tuyaux de 65 mm pour fournir un plus grand volume d'eau destiné aux services d'incendie.[19]

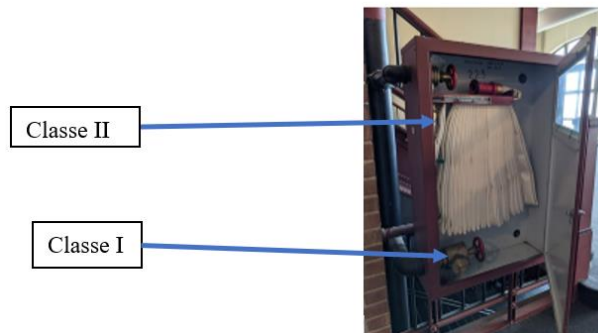


Figure 3-3: Colonne montante Classe III.[19]

3.2.2 Emplacement des R.I.A

Les robinets incendie doivent être non obstrués et situés à une hauteur minimale de 0,9 m et une hauteur maximale de 1.5 m au-dessus du sol.[19]

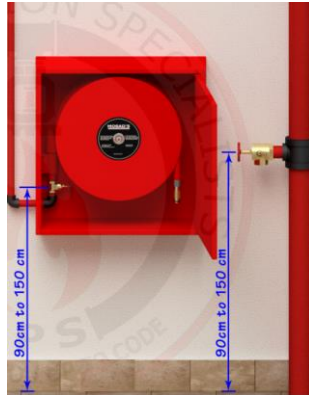


Figure 3-4: Hauteur minimale et maximale d'emplacement des robinets incendie.[18]

L'emplacement des robinets incendie selon la NFPA 14 dépend de la classe de robinet incendie, telle que ;

3.2.2.1 Emplacement de classe I

1. Les R.I.A doivent être installés à chaque palier principal des escaliers d'évacuation requis.
 - Lorsque cela est exigé par l'Autorité ayant juridiction (AHJ) ou le service d'incendie local, il est permis d'installer des robinets aux paliers intermédiaires les plus élevés entre les niveaux des planchers dans les escaliers d'évacuation requis.

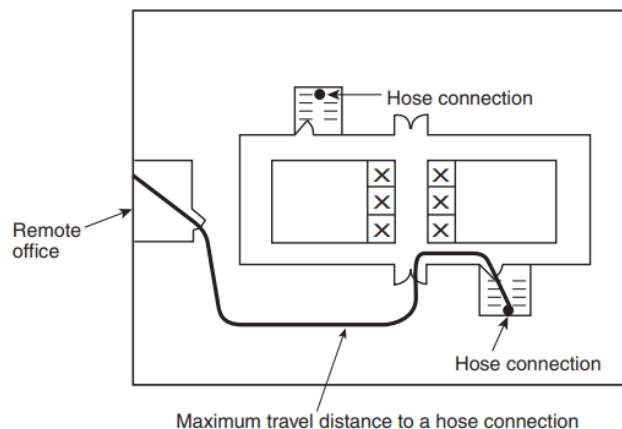


Figure 3-5: Emplacement des R.I.A dans les escaliers.[19]

2. Des robinets incendie doivent être installés de chaque côté du mur adjacent aux ouvertures des sorties horizontales.

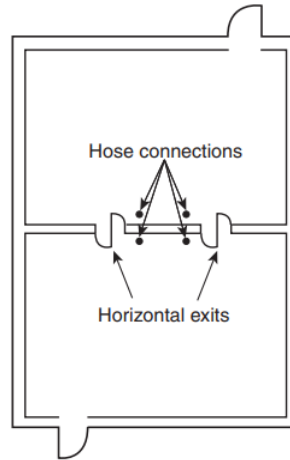


Figure 3-6: Emplacement des R.I.A dans les sorties horizontales.[19]

- Lorsque toutes les surfaces des planchers sont accessibles depuis un robinet incendie dans l'escalier d'évacuation du même côté d'une sortie horizontale, dans les distances de déplacement doit être de 61 m pour les locaux équipés de sprinklers, et de 39.7 m pour les locaux non équipés de sprinklers, les robinets incendie de l'autre côté de la sortie horizontale peut être omis.

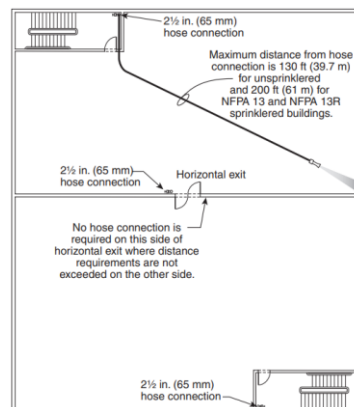


Figure 3-7: Emplacement des R.I.A aux sorties horizontales et escaliers. [19]

3. Des R.I.A doivent être situés dans le couloir de sortie à chaque entrée du bâtiment, sauf dans les bâtiments de centres commerciaux couverts.
4. Des robinets supplémentaires doivent être installés dans les bâtiments équipés de sprinklers conformément à la norme NFPA 13 lorsque la distance entre les robinets incendie requis et la partie ou l'étage le plus éloigné dépasse 61 m. Pour les locaux non équipés de sprinklers cette distance ne doit pas dépasser 39.7 m.

5. Les escaliers ordinaires qui n'est pas spécifiquement conçu pour servir de voie d'évacuation en cas d'urgence, reliant deux étages adjacents ne nécessitent pas un R.I.A.
6. Un seul robinet peut être installé dans le corridor ouvert entre des escaliers ouverts distants de pas plus de 23 m.
7. Des robinets doivent être installés au palier le plus élevé des escaliers permettant l'accès au toit, cette exigence est omise dans le cas d'installer un robinet dans le palier intermédiaire le plus élevé.
 - Dans les escaliers n'accédant pas au toit, un raccord de tuyau doit être installé sur le toit, sauf lorsque la pente du toit est de 4 sur 12 ou plus.[19]

3.2.2.2 Emplacement de Classe II

Les systèmes de classe II doivent être munis de tuyaux de 40 mm de sorte que toutes les parties de chaque étage du bâtiment se trouvent à moins de 39,7 m d'un robinet incendie de 40 mm ou à moins de 36,6 m d'un robinet incendie de moins de 40 mm, ces distances doivent être mesurées le long d'une trajectoire partant du robinet incendie.

La méthode de la longueur réelle est utilisée uniquement pour déterminer le nombre et l'emplacement des robinets pour cette classe.

Cette méthode permet de placer les robinets de 40 mm de manière qu'il y en ait suffisamment pour atteindre toutes les parties de la zone desservie avec un tuyau de 30,5 mètres équipé d'une lance d'une portée de 6 à 9 mètres.

Comme illustré dans la figure ci-dessous, la limite de longueur de 30,5 mètres est requise pour faciliter la manipulation. Il convient de noter que les distances doivent être mesurées autour des cloisons et des obstacles pour la longueur du tuyau, et le long de trajets droits sans obstruction (distance réelle) pour la portée de la lance.

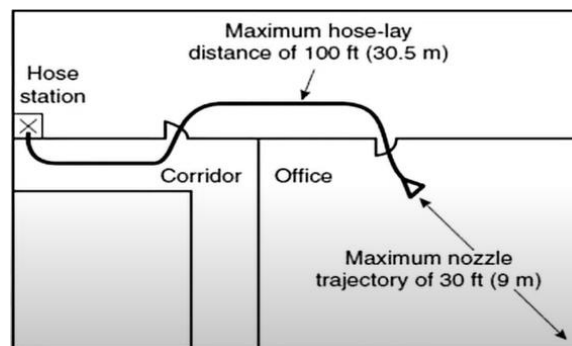


Figure 3-8: Méthode de la longueur réelle pour localiser les robinets de la classe II. [19]

Donc l'emplacement de cette classe dépend du principe de la longueur parcourue contrairement à l'emplacement de classe I qui est basé sur la localisation des sorties est escalier de secours. [19]

3.2.2.3 Emplacement de Classe III

Pour cette classe combinée de classe I et la classe II, la limite de distance spécifiée dans la classe II n'est pas applicable. Par conséquent, les exigences d'emplacement de la classe III se comportent de la même manière que celles de la classe I. [19]

3.2.3 Exigence de dimensionnement de système de R.I.A

La norme NFPA 14 établit différentes exigences de dimensionnement pour les différentes classes de systèmes des R.I.A. Ces exigences tiennent compte des facteurs tels que la classe du système, le nombre de connexions de tuyaux, la pression résiduelle minimale requise et le débit nécessaire, les tableaux ci-dessous résument les exigences de NFPA 14 de dimensionnement pour les classe I, classe III et la classe II respectivement ;

Tableau 3-1: Exigences de dimensionnement des R.I.A de classe I et III

Exigence de conception	Classe I et Classe III
Pression résiduel minimale au niveau du robinet le plus défavorable	6.9 bars
Pression maximale au niveau du robinet le plus défavorable	12.2 bars
Débit maximum requis au niveau du robinet incendie	946 L/min
Débit minimum requis au niveau de la colonne montante la plus éloignée	1893 L/min pour les deux robinets les plus éloignés
Le débit minimal pour les colonnes montantes supplémentaires, pour les bâtiments dont la surface de l'étage ne dépasse pas 7432 m ²	946 L/min par colonne montante
Le débit minimal pour les colonnes montantes supplémentaires, pour les bâtiments dont la surface de l'étage dépasse 7432 m ²	1893 L/min pour la deuxième colonne montante 946 L/min pour la troisième colonne montante

Une colonne montante horizontale alimente trois robinets ou plus sur n'importe quel étage, le débit minimal pour la colonne montante horizontale la plus exigeante	2840 L/min
Le débit total maximum requis pour les locaux non équipé avec un système de sprinkler	3785 L/min
Le débit total maximum requis pour les locaux équipé avec un système de sprinkler	4731 L/min

Tableau 3-2: Exigences de dimensionnement des R.I.A de classe II.

Exigence de conception	Classe II
Pression résiduel minimale au niveau du robinet le plus défavorable	4.5 bars
Pression maximale au niveau du robinet le plus défavorable	6.9 bars
Débit minimum requis au niveau du robinet incendie le plus éloigné	379 L/min

3.2.4 Procédure de calcul hydraulique et dimensionnement

La procédure de calcul hydraulique et de dimensionnement varie en fonction de la classe du système. Chaque classe a ses propres critères et exigences spécifiques qui doivent être suivis lors du calcul et du dimensionnement du système.

3.2.4.1 Les systèmes de classe I et classe III

Les calculs hydrauliques et les dimensions des tuyaux pour chaque colonne montante doivent être basés sur la fourniture de 946 L/min aux deux raccords de tuyau les plus éloignés hydrauliquement sur la colonne montante, ainsi qu'au point de connexion de chaque autre colonne montante, à la pression résiduelle minimale requise.

1. En cas de présence de montants de colonne montantes qui se terminent à différents niveaux d'étage, des calculs hydrauliques séparés doivent être effectués pour les colonnes montantes présentes à chaque niveau.

2. Ajouter le débit uniquement pour les colonnes montantes qui existent au niveau de l'étage des calculs.
3. Si une colonne montante horizontale alimente trois ou plus de trois raccords de tuyaux sur un même étage, les calculs hydrauliques et les dimensions des conduites pour chaque colonne montante doivent être basés sur un débit de 946 L/min aux trois robinets les plus éloignés hydrauliquement sur la colonne montante, ainsi qu'au point de raccordement de chacune des autres colonnes montantes, à la pression résiduelle minimale requise.
4. Calculer et dimensionner les conduites d'alimentation communes de manière à fournir le débit requis pour toutes les colonnes montantes connectées à ces conduites, sans dépasser le débit total maximal exigé.
5. Pour les systèmes de colonnes montantes distincts alimentés par des conduites d'alimentation communes, effectuer les calculs hydrauliques et déterminer les dimensions des conduites en se basant sur le débit requis pour le système le plus exigeant.
6. Ne pas équilibrer les débits des colonnes montantes supplémentaires, tels que requis par la première étape, à la pression plus élevée au point de raccordement.[19]

3.2.4.2 Les systèmes de classe II

Les calculs hydrauliques et les dimensions des tuyaux pour chaque colonne montante doivent être basés sur une fourniture de 379 L/min au niveau du robinet incendie le plus éloigné hydrauliquement sur la colonne montante, à la pression résiduelle minimale de 4.5 bars.

Les canalisations d'alimentation commune desservant plusieurs colonnes montantes doivent être calculées et dimensionnées pour fournir un débit de 379 L/min. [19]

3.3 Système de poteaux d'incendie

L'installation « poteau d'incendie » est composée des éléments suivants illustrés dans la figure ci-dessous :

- Le poteau d'incendie normalisé ;
- L'ancrage ;
- Le socle de propreté lorsque nécessaire ;
- Le dispositif de drainage pour vidange ;
- L'appui et la butée du coude à patin ;

- Un dispositif éventuel de mise à niveau permettant le raccordement à la canalisation (par exemple une esse de réglage).[20]

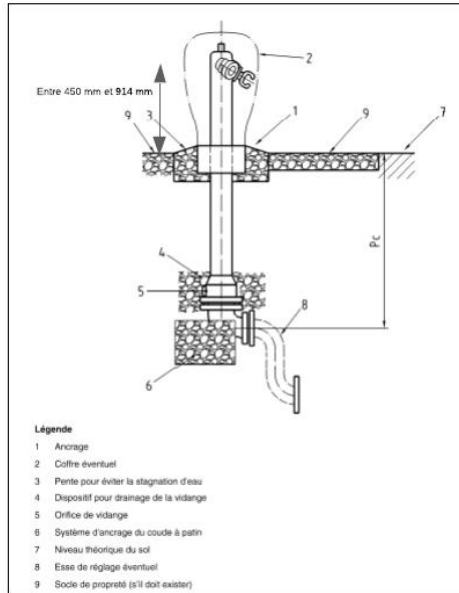


Figure 3-9 : Schéma de principe de l'installation « poteau d'incendie ».[20]

3.3.1 Notions utiles sur le comportement des structures selon L'NFPA

3.3.1.1 Matériau incombustible

Les matériaux qui répondent aux critères de la norme ASTM E136 lorsqu'ils sont testés conformément à la norme ASTM E136 ou à la norme ASTM E2652 sont considérés comme des matériaux incombustibles. De plus, tout matériau intrinsèquement incombustible peut être considéré comme incombustible sans avoir à être testé. Bien que la norme ne précise pas explicitement ce qui est intrinsèquement incombustible, les matériaux présentés dans l'annexe associé à la NFPA 1 suggère qu'il s'agit des matériaux intrinsèquement incombustibles tels que le béton, le verre et l'acier.[21]

3.3.1.2 Matériau à combustion limitée

Un matériau considéré comme à combustion limitée doit répondre à certains critères. Il doit être testé conformément à la norme NFPA 259 ou conformément à la norme ASTM E2965, Un exemple de matériau à combustion limitée est le placoplâtre.[21]

3.3.1.3 Types de construction

La NFPA 220 (*Standard on Types of Building Construction*), définit les types de construction de bâtiments en fonction de la combustibilité et de la résistance au feu des éléments structurels du bâtiment.

Lorsque nous parlons de résistance au feu, nous faisons référence au temps, en minutes ou en heures, pendant lequel les matériaux ou les assemblages ont résisté à une exposition au feu selon des tests spécifiques.

NFPA 220 divise la construction des constructions en cinq types différents qui sont liés au matériau utilisé, chacun de ces types est numéroté de I à V (en chiffres romains). Lorsque les codes et les normes font référence au type de construction requis ou autorisé, il y a trois chiffres entre parenthèses qui suivent le type de construction. Ces chiffres indiquent la résistance au feu en heures des différents éléments structurels requis.

- **Type I** : Construction incombustible (ou à combustibilité limitée) avec un niveau élevé de résistance au feu, généralement une construction en béton.
- **Type II** : Construction incombustible (ou à combustibilité limitée) avec un niveau inférieur de résistance au feu par rapport au type I, généralement une construction en acier avec ou sans protection contre le feu.
- **Type III** : Les murs extérieurs et les éléments structurels sont fabriqués à partir de matériaux incombustibles ou à combustibilité limitée, et les éléments structurels intérieurs tels que les murs, les arches, les planchers et les toits sont en bois de dimensions inférieures à ce qui est requis pour la construction de type IV. On l'appelle généralement construction ordinaire, et un exemple en est un bâtiment mixte en maçonnerie/bois.
- **Type IV** : Les murs coupe-feu, les murs extérieurs et les murs porteurs intérieurs sont fabriqués à partir de matériaux incombustibles ou à combustibilité limitée. Les autres éléments structurels intérieurs, les arches, les planchers et les toits sont en bois massif ou en bois lamellé-croisé.
- **Type V** : Les éléments structuraux, les murs, les arches, les planchers et les toits sont en bois ou en un autre.
 - **Premier chiffre (X00)** : Murs porteurs extérieurs.
 - **Deuxième chiffre (0X0)** : Colonnes, poutres, poutrelles, fermes et arcs, soutenant les murs porteurs, les colonnes ou les charges provenant de plus d'un étage.
 - **Troisième chiffre (00X)** : Construction du plancher.[22]

3.3.1.4 Le débit d'incendie requis

Fournir de l'eau au service d'incendie intervenant est un aspect crucial de la stratégie globale de protection contre l'incendie et de sécurité des personnes, il est important de s'assurer que la quantité d'eau nécessaire est disponible pour le service d'incendie intervenant, permettant ainsi à la fois de lutter contre l'incendie dans le bâtiment et de protéger tout bâtiment exposé.

C'est pourquoi la **NFPA 1 (Fire Code)**, Le Code de prévention des incendies, exige qu'une quantité minimale d'eau soit fournie en fonction du type de construction du bâtiment ainsi que de la surface du débit d'incendie.

Le débit d'incendie est défini comme le débit d'alimentation en eau, mesuré à une pression résiduelle minimale de 1.4 bar, qui est disponible pour le service d'incendie intervenant pour la lutte manuelle contre l'incendie. Le débit d'incendie est calculé en fonction de la surface du débit d'incendie du bâtiment.[21]

3.3.1.5 La surface du débit incendie

La surface du débit incendie est la surface totale de tous les niveaux d'un bâtiment, à l'exception des types I (443), I (332) et II (222), auquel cas la surface du débit d'incendie est constituée des trois étages successifs les plus grands. La surface du débit d'incendie doit être déterminée en fonction de la zone entre les murs extérieurs environnants de chaque étage et les murs coupe-feu utilisés pour créer des bâtiments séparés.[21]

Le Tableau inscrit dans **L'ANNEXE B**, extrait de la norme **NFPA 1**, liste le débit d'incendie minimal requis et la durée d'écoulement pour les bâtiments en fonction de la surface du débit d'incendie et du type de construction.

Lorsqu'un bâtiment est protégé par un système de sprinklers approuvé, le débit d'incendie requis est réduit de 75%. Cependant, le débit d'incendie résultant ne doit pas être inférieur à 3785 L/min. Dans le cas d'une installation de sprinklers à réponse rapide, ce débit est réduit à 2270 L/min.

En ce qui concerne les bâtiments protégés par un système d'extinction automatique approuvé, le débit d'incendie requis ne doit pas dépasser 7571 L/min pendant une durée de 2 heures.[21]

3.3.2 Diamètre nominal du poteau incendie

Chaque installation de poteau d'incendie doit, être sous une pression au moins de **1.4 bar** en régime d'écoulement mesurée en sortie de l'appareil, délivrer le débit minimum pour les diamètres

nominaux suivants :

- 30 m³ /h pour un poteau d'incendie de DN-80 ;
- 60 m³ /h pour un poteau d'incendie de DN-100 ;
- 120 m³ /h pour un poteau d'incendie de DN-150.[20]

3.3.3 Emplacement des poteaux incendie

Les poteaux incendie doit être situé à une distance d'au moins de 12 m des bâtiments à protéger. Lorsqu'il n'est pas possible de respecter cette distance, un poteau situé à moins de 12m du bâtiment pourra être autorisé.[23]

La bouche de sortie du tuyau doit être située entre 450 mm et 914 mm au-dessus du niveau du sol final.[23]

La détermination du nombre de poteaux incendie requis et espacement entre les poteaux se fait à la base de ce tableau extrait de la NFPA 72 (National Fire Code) en fonction du débit d'incendie calculé précédemment qui se trouve dans [L'ANNEXE B](#).

3.4 Conclusion

En conclusion, nous avons abordé dans ce chapitre deux parties principales. La première partie nous a permis de comprendre les exigences de conception du système R.I.A. Nous avons également constaté que, selon la NFPA 14, il existe trois types de robinets armés incendie, à savoir leurs utilisations prévues contrairement à la norme APSAD R5 qu'elle traite un seul type de RIA avec des caractéristiques différents (diamètre nominal de diffuseur, longueur de tuyau) et que le choix de ce dernier pour la norme APSAD R5 se fait à partir des caractéristiques des produits existants dans les lieux à protéger (quantité et pouvoir calorifique des produits).

Durant cette partie nous avons conclu que les exigences de dimensionnement des robinets armés incendie selon La NFPA 14 sont très exigeantes, ce qui garantit une protection efficace.

En ce qui concerne la deuxième partie, nous avons approfondi nos connaissances sur la conception et l'emplacement des poteaux incendie. Nous avons remarqué qu'il n'existe pas de méthodologie spécifiée dans une seule norme pour le dimensionnement de ce système malgré l'existence des normes (APSAD R5 et NFPA 14) spécifiées pour l'installation de ce système.

Chapitre 4: Pompes Incendie

4 Pompes Incendie

4.1 Introduction

Les pompes constituent un élément essentiel des systèmes de lutte contre l'incendie et jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau nécessaire pour combattre les incendies de manière efficace.

Dans ce chapitre nous examinerons en détail les différentes pompes utilisées dans les systèmes d'incendie, ensuite nous nous concentrerons sur les critères de choix de la pompe principale conformément à la norme NFPA 20.

De plus, nous explorerons le rôle des pompes jockey dans les systèmes d'incendie et nous étudierons le dimensionnement approprié des pompes jockey, ainsi que les procédures de réglage, notamment le démarrage et l'arrêt en coordination avec la pompe principale.

Enfin, nous aborderons la pompe diesel, qui constitue une solution de secours essentielle en cas de panne de courant.

4.2 Les pompes d'incendie

Les pompes d'incendie sont une partie essentielle de systèmes de protection incendie à base d'eau. Il existe de nombreux types de pompes d'incendie disponibles. Il est crucial de sélectionner le type de pompe approprié pour le projet d'installation afin d'éviter des coûts excessifs et des pressions excessives pouvant endommager le système, ou dans le cas contraire de ne pas répondre aux exigences de pression nécessaires pour assurer le bon fonctionnement du système.

Il existe deux catégories principales de pompes : volumétriques et centrifuges.

4.2.1 Les pompes volumétriques

Les pompes volumétriques se caractérisent par une méthode de production du débit en capturant un volume d'eau spécifique ce volume emprisonné dans un espace donné (le récipient de départ) et en le poussant à travers la conduite de refoulement par un système mécanique. Ce volume prélevé dans la conduite d'aspiration engendre une dépression qui fait avancer le fluide vers la pompe par aspiration. Cet effet confère aux pompes volumétriques d'être auto-amorçant.

Les pompes volumétriques génèrent des pressions très élevées, mais ont un débit limité par

rapport aux pompes centrifuges. Elles sont moins courantes car elles ont une utilisation spécialisée, principalement dans les systèmes à base de mousse.[24]

4.2.2 Les pompes centrifuges

Le principe de base des pompes centrifuges repose sur la mise en rotation du fluide à pomper en le faisant circuler dans une roue tournant à une vitesse plus ou moins élevée. Le fluide est admis au centre de la roue (l'ouïe) avec une pression dite pression d'aspiration où il est repris par les aubes de la roue. Lors de sa mise en rotation et de son déplacement vers la périphérie de la roue, sa vitesse et son énergie cinétique augmentent.[25]

Les pompes centrifuges ne doivent pas être utilisées lorsqu'une charge d'aspiration statique est nécessaire, cela signifie que ce type de pompe ne doit pas être utilisé dans des situations où il est nécessaire de soulever de l'eau d'un niveau inférieur vers la pompe (aspiration en charge).[26]

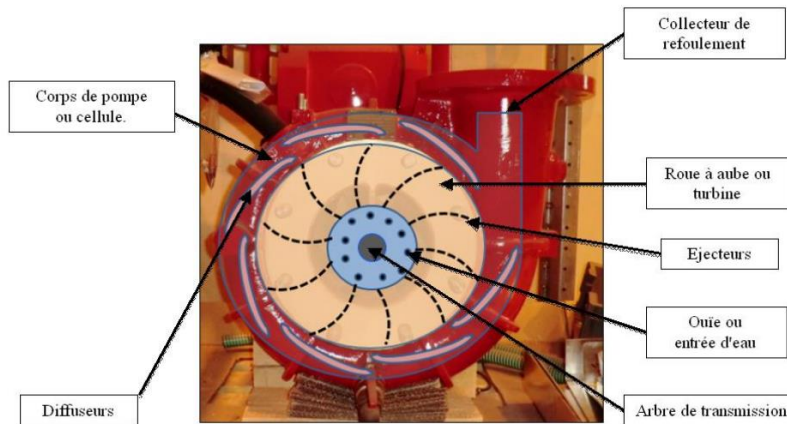


Figure 4-1: Composants de pompe centrifuge.[25]

I. Pompe double bloc Horizontale (Horizontal split-case pump)

Avec une pompe à double corps horizontale, le débit est divisé et entre dans l'impulseur à partir de côtés opposés du carter de la pompe. Comme son nom l'indique, il s'agit d'une pompe installée avec un corps divisé qui peut être ouvert pour faciliter l'accès à l'entretien de la pompe, et elle est reliée au moteur par un arbre horizontal.

Ces pompes sont très fiables, disponibles dans une large gamme de débits et de pressions nominales, faciles à entretenir grâce à leur accès relativement simple au corps divisé, et peuvent être utilisées avec des moteurs électriques et diesel. Cependant, elles nécessitent généralement plus d'espace que tous les autres types de pompes d'incendie.[24]



Figure 4-2: Pompe double bloc Horizontale.[24]

II. Pompe à turbine et arbre verticale (Vertical Turbine Pump)

Une pompe à turbine et arbre verticale est le seul type de pompe autorisé par la norme NFPA 20, qui peut démarrer avec une pression d'aspiration négative ou aspirer de l'eau dans des conditions d'élévation, Lorsque l'alimentation en eau est située sous l'axe de la bride de refoulement et que sa pression est insuffisante pour amener l'eau jusqu'à la pompe d'incendie, telle qu'un réservoir enterré. Les pompes à turbine verticale sont disponibles dans une large gamme de capacités et de pressions, et elles peuvent être utilisées avec des moteurs diesel et électriques.[24]



Figure 4-3: Pompe à turbine et arbre verticale.[24]

III. Pompe rectiligne (In-line pump)

Les pompes rectilignes sont utiles lorsque l'espace est limité. Elles peuvent être entraînées par un arbre vertical ou horizontal (type à aspiration axiale). Les types à arbre vertical, qui sont les plus courants, ont le moteur situé directement au-dessus de la pompe. Elles sont généralement

moins coûteuses et prennent moins de place, mais elles sont également plus chères à réparer. L'entretien et la réparation de la pompe peuvent être difficiles car le moteur doit être soulevé et retiré pour accéder à la pompe, contrairement à une unité à pompe double bloc horizontal. Avec ces pompes, le raccord d'aspiration et le raccord de refoulement sont approximativement sur le même plan. Les pompes en ligne ont une capacité limitée, généralement pas plus de 5 678 L/min, et elles ne peuvent être utilisées qu'avec un moteur électrique, ce qui limite leurs applications potentielles.[24]



Figure 4-4: Pompe rectiligne.[24]

IV. Pompe à aspiration axiale (End suction pump)

Une pompe à aspiration axiale a une sortie de refoulement perpendiculaire à l'entrée d'aspiration. Ces pompes sont généralement limitées à une capacité d'environ 5 678 L/min. Comparées aux pompes d'incendie à double bloc horizontales, elles sont plus compactes et nécessitent moins d'espace d'installation dans une salle de pompe d'incendie où l'espace disponible est une préoccupation. Les pompes à aspiration axiale peuvent être utilisées avec un moteur électrique ou un moteur diesel.[24]



Figure 4-5: Pompe à aspiration axiale.[24]

4.3 Le choix de la pompe d'incendie principale

Lors de la sélection d'une pompe incendie, il est important de prendre en compte les paramètres suivantes :

- ✓ Une pompe incendie doit être sélectionnée de manière que la demande maximale pour tout système de protection incendie connecté à la pompe soit inférieur ou égale à 150% de sa capacité nominale.
- ✓ Les pompes doivent fournir au moins 150% de la capacité nominale à au moins 65% de la hauteur nominale totale.
- ✓ La hauteur d'arrêt totale (représente la pression maximale totale admissible lorsque la pompe fonctionne à un débit nul) ne doit pas dépasser 140% de la hauteur nominale totale pour n'importe quel type de pompe.
- ✓ Les pompes volumétriques sont autorisées pour le pompage de liquides (eau avec additif) dans les applications de protection incendie, à condition que la pompe choisie soit adaptée à la viscosité du liquide.[26]

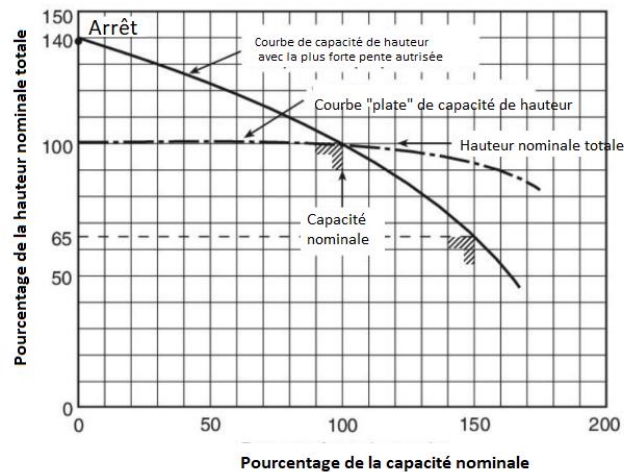


Figure 4-6: Courbes caractéristiques de pompes.[26]

- ✓ Hauteur Manométrique totale

L'unité de mesure de la hauteur est le mètre. La formule suivante exprime la relation entre une pression exprimée en bar et une pression exprimée en mètres de hauteur :

$$\text{Hauteur en mètres} = \frac{\text{Pression en Pascal}}{\rho g}$$

ρ : la densité de l'eau égale à $997 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$ à 25C° .

g : $9.81 \text{ (m}^2\text{/s)}$.

La HMT est la pression totale que doit fournir une pompe. Elle est exprimée en mètres, en bar. La hauteur manométrique totale est calculée suivant l'équation suivante.

$$H.M.T = (H_a + H_d + P_c) + P_r$$

- H_a : pour hauteur d'aspiration : correspond à la hauteur entre la surface de l'eau et l'axe de la pompe. Dans le cas d'une pompe immergée de puits ou de forage, la hauteur d'aspiration est nulle.
- H_d : pour hauteur de refoulement : correspond à la hauteur entre l'axe de la pompe et le point le plus haut de refoulement. Cette hauteur est indiquée dans la figure ci-dessous.
- P_c : il s'agit des pertes de charges dans les canalisations (pertes de charges linéaires) et également dans les raccords (coudes, tés, jonctions) présents le long de la canalisation (pertes de charge singulières).
- P_r : la pression de refoulement c'est la pression utile souhaitée à l'ouverture du robinet.[27]

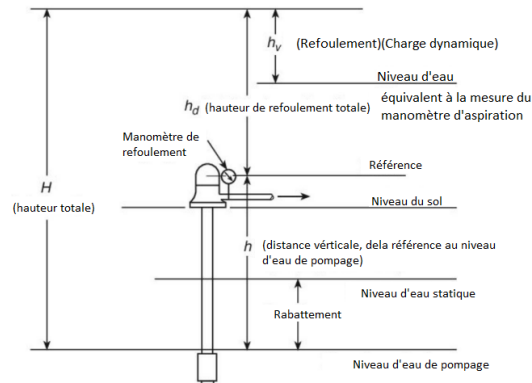


Figure 4-7: Hauteur totale de refoulement des pompes d'incendie à turbine et arbre verticales.[26]

4.4 La pompe Jockey (Pompe de maintien de pression)

Une pompe conçue pour maintenir la pression du ou des systèmes de protection contre l'incendie dans les limites prédéfinies lorsque le système ne délivre pas d'eau.

4.4.1.1 Exigences générales de la pompe Jockey

- Il est préférable que la pompe jockey soit de type centrifuge.
- La pompe jockey ne devra pas nécessiter une alimentation de secours ou de remplacement.
- Vannes de la pompe Jockey :
 - ✓ Une vanne de non-retour et une vanne d'isolement doivent être installées dans la conduite de refoulement de la pompe jockey.
 - ✓ Une vanne d'isolement doit être installée du côté aspiration et du refoulement de la pompe jockey pour isoler la pompe en cas de réparation.
 - ✓ Un manomètre doit être installé du côté aspiration et du refoulement de la pompe jockey.
 - ✓ Une ligne de mesure de pression entre le clapet anti-retour du refoulement et la vanne d'isolement (pour faciliter l'isolement de l'armoire de commande de la pompe jockey en cas de maintenance sans avoir vidanger la totalité du système).[28]

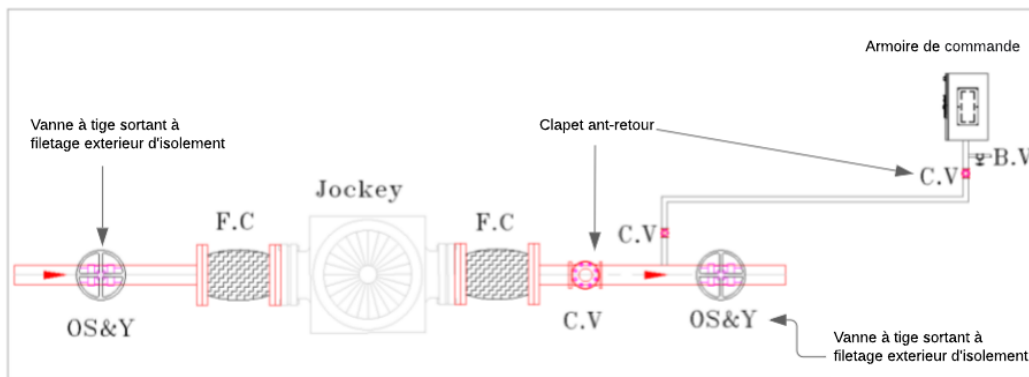


Figure 4-8: Arrangement des vannes pour la pompe Jockey

4.4.2 Dimensionnement de la pompe Jockey

La pompe jockey doit être dimensionnée pour compenser la perte de pression autorisée et les baisses normales de pression du système de protection contre l'incendie, et doit avoir une pression de refoulement suffisante pour maintenir la pression souhaitée du système de protection contre l'incendie, comme suit :

- Une règle générale pour le dimensionnement de la pompe jockey est d'utiliser 1 % de la capacité nominale de la pompe d'incendie.
- La pression de la pompe jockey doit être supérieure à la pression de la pompe incendie principale d'au moins 0.68 bar, afin d'éviter un faux démarrage de la pompe incendie principale.[28]

4.5 Réglage de la pompe principale et la pompe Jockey

Le système de pompe d'incendie, lorsqu'il est déclenché par une chute de pression, doit être configuré de la manière suivante :

- Le point de démarrage de la pompe jockey doit être inférieur d'au moins 0.68 *bar*, au point d'arrêt (de la pompe jockey).
- Le point d'arrêt de la pompe jockey doit être égale au point d'arrêt de la pompe principale plus la pression statique minimale d'alimentation.
- Le point de démarrage de la pompe d'incendie (principale) doit être inférieur de 0.34 *bar* au point de démarrage de la pompe jockey.[28]

4.6 La pompe incendie diesel

Une pompe d'incendie entraînée par un moteur diesel est installée en tant que source de secours ou d'alimentation alternative pour la pompe d'incendie principale. Elle est utilisée en cas de panne de courant ou de défaillance de l'alimentation électrique. Les moteurs diesel utilisés dans ces pompes doivent être à compression.[26]

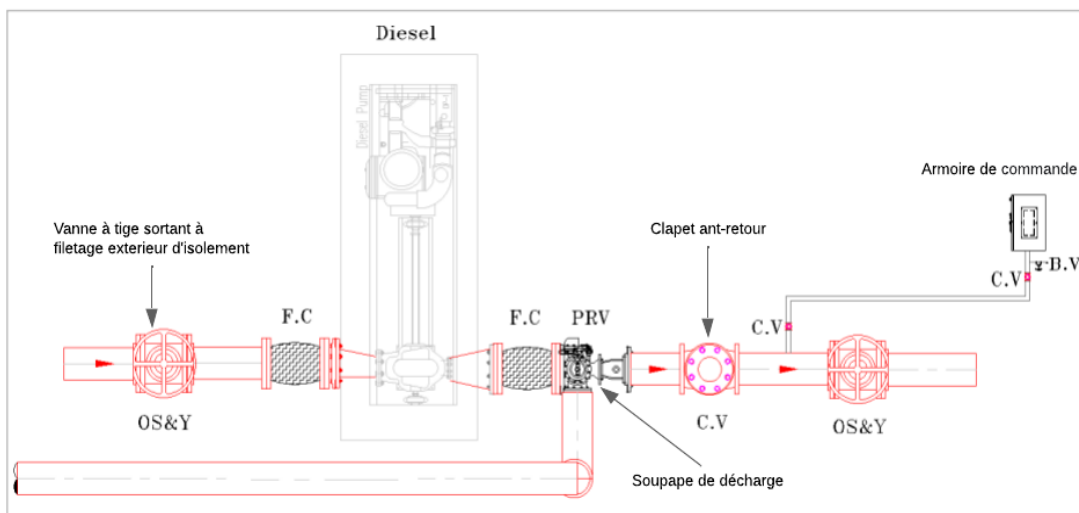


Figure 4-9: Arrangement des vannes pour la pompe diesel.

4.7 Dimensionnement du réservoir de carburant

Selon La NFPA 20 le réservoir d'alimentation en carburant doit être dimensionné pour un minimum de 12 heures de fonctionnement du moteur, sur la base du taux d'alimentation en carburant requis par le moteur, plus 5 % de volume pour la dilatation et 5 % de volume pour la décantation.[28]

4.8 Conclusion

En conclusion, ce chapitre nous a permis d'explorer en détail les différents aspects des pompes utilisées dans les systèmes de lutte contre l'incendie à base d'eau. Nous avons examiné les différents types des pompes incendie, ainsi que les critères de choix de la pompe principale selon la norme NFPA 20. Nous avons également étudié le rôle crucial des pompes jockey dans le maintien de la pression du système et les procédures de dimensionnement et de réglage associées. Enfin, nous avons abordé l'importance de la pompe diesel en tant que solution de secours en cas de panne de courant.

La compréhension de ces différents aspects est essentielle pour garantir des systèmes de pompage fiables et efficaces dans la protection contre les incendies. En respectant les normes et les critères de choix appropriés, il est possible de mettre en place des systèmes de pompage qui répondent aux besoins spécifiques de chaque installation et assurent une réponse rapide et efficace en cas d'incendie.

*Chapitre 5 : Diagnostic
du réseau et Étude
Conforme Aux Normes
NFPA*

5 Diagnostic du réseau et Étude Conforme Aux Normes NFPA

5.1 Introduction

Le présent chapitre se concentre sur le diagnostic et l'étude conformes aux normes NFPA des systèmes anti-incendie existants au sein de l'entreprise. Dans la première partie, nous avons effectué un diagnostic approfondi du système existant en nous appuyant sur les exigences détaillées présentées dans les chapitres précédents. Cette analyse approfondie nous a permis de relever l'état actuel du système et de son adéquation par rapport aux normes de sécurité incendie.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous abordons les résultats d'inspection obtenus lors du diagnostic du système. Ces résultats fournissent des informations essentielles sur les éventuels écarts identifiés du système existant. Ensuite, nous nous concentrons sur la réalisation d'une étude conforme aux normes NFPA pour les trois types de systèmes : le système de sprinklers, le système de robinets d'incendie armés (R.I.A) et les systèmes des poteaux incendie. En respectant une méthodologie de dimensionnement pour chaque système, et en justifiant chaque choix pris lors de l'étude. Afin de garantir des systèmes fiables et efficaces qui répondent aux normes internationales et assurent une protection optimale contre les incendies.

5.2 Diagnostic du système anti-incendie existant selon les normes NFPA

Les systèmes anti-incendie sont essentiels pour assurer la sécurité des personnes et des biens. Afin de garantir leur bon fonctionnement, il est crucial de les inspecter, de les tester et de les entretenir régulièrement.

Le diagnostic des systèmes anti-incendie est un examen visuel d'un système ou d'une partie de celui-ci afin de vérifier qu'il se trouve en bon état de fonctionnement et qu'il n'est pas endommagé.[29].

Selon le *décret exécutif n° 91-05 du 19 Janvier 1991*, Relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail, **TITRE 4 : « vérifications périodiques et mesures d'entretien »**, l'article 62 exige que des visites, vérifications et entretiens périodiques doivent être prévus de façon particulière et selon les périodicités fixées par la réglementation en vigueur notamment dans les domaines suivants :

- Moyens de protection collective et individuelle.

➤ Installations de lutte contre l'incendie ;

Il convient de noter que la réglementation algérienne ne spécifie pas explicitement la périodicité de ces visites, vérifications et entretiens. En tant que référence reconnue pour l'inspection, les tests et l'entretien des systèmes de lutte contre l'incendie, la norme **NFPA 25** fournit des lignes directrices complètes pour maintenir ces installations en bon état de fonctionnement. Nous nous baserons donc sur les exigences d'inspection de la norme **NFPA 25**, et sur les exigences des principales normes de l'NFPA de conception des systèmes anti-incendie, pour l'inspection du réseau actuel.

Un tableau représentatif des recommandations de la NFPA **25**, pour l'inspection du système de lutte contre l'incendie se trouve dans l'**ANNEXE C**.

5.2.1 Les résultats du diagnostic

❖ Pour le système de sprinkler nous constatons les écarts suivants ;

- La surface de couverture par sprinkler est de **4.8 m²**, ce qui est inférieure à la surface minimale autorisée pour un sprinkler de type **ESFR** qui ne doit pas être inférieure à (**5.9 m²**).
- Bien qu'une partie des racks de stockage de produits soient protégés par le réseau anti-incendie grâce aux sprinklers ESFR comme indiqué dans la figure ci-dessous, notre analyse basée sur l'**NFPA 13** a révélé la présence de risques d'incendie dans d'autres zones de l'usine. Par conséquent, il est nécessaire d'étendre la protection automatique à ces espaces supplémentaires, en installant des sprinklers.

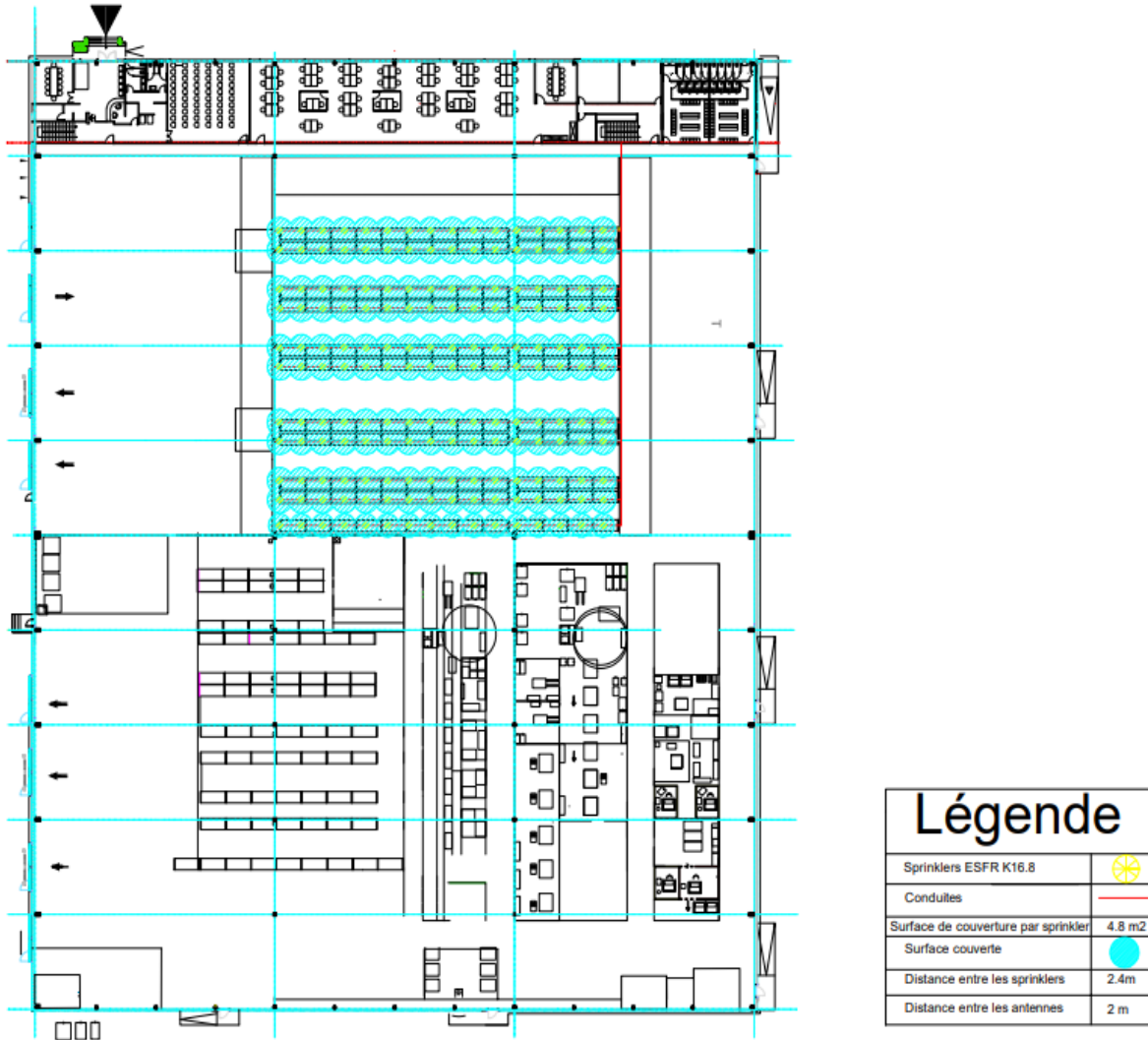


Figure 5-1: Plan du réseau existant.

- Absence des tous les composant du poste de contrôle ;
 - Clapet anti-retour
 - Vanne à indicateur de position (la vanne OS&Y)
 - Clapet d’alarme
 - Prise de raccordement des pompiers
 - Raccordement de vidange
 - Manomètres
- La majorité des sprinklers sont toujours équipés de leurs capuchons de protection en plastique. Ces embouts sont présents afin de préserver les sprinklers de la poussière et des intempéries pendant le stockage. Il convient de les enlever une fois installer sur les réseaux

anti-incendie. Il faut aussi noter que cette protection entrave la diffusion de la chaleur et peut retarder la détection et l'ouverture précoce des têtes de sprinkler.

- ❖ Pour le système de pompage nous constatons les écarts suivants ;
 - Absence de la vanne à indicateur de position de refoulement.
 - Absence de clapet anti-retour
 - Absence d'éclairage dans la chambre des pompes.
 - Absence de la pompe diesel et de ses dispositifs.

- ❖ Suite à l'inspection du réservoir, nous avons identifié les écarts suivants :
 - Tout d'abord, nous avons constaté l'absence d'un indicateur de niveau approprié. Cela constitue une lacune dans le suivi et la gestion du niveau d'eau, ce qui peut entraîner des problèmes opérationnels et des risques potentiels.
 - De plus, l'état général du réservoir est très sale, avec la présence de débris. Cette situation présente un risque de dommages potentiels pour les pompes, qui pourraient être obstruées ou endommagées par ces débris. Il est crucial de prendre des mesures immédiates pour nettoyer et entretenir le réservoir afin de garantir un fonctionnement optimal des pompes et d'éviter toute défaillance ou incident indésirable.

- ❖ Pour le système des robinets incendie armés (R.I.A), nous constatons que ;
 - L'espacement entre les robinets d'incendie n'est pas respecté.
 - Le système de robinet d'incendie armé doit être impérativement séparé du réseau Sprinkler par un clapet de sécurité, afin de répondre aux normes de sécurité établies par les services de la protection civile.

- ❖ Concernant le système de poteaux incendie, nous avons relevé les constats suivants :
 - Premièrement, nous avons constaté que les poteaux incendie actuellement installés sont surdimensionnés par rapport au débit de décharge calculé pour chaque poteau, qui est égal à 53 m³/h selon l'étude. Le bureau d'étude recommande plutôt l'installation de poteaux ayant un diamètre nominal de DN-150.

- Deuxièmement, nous avons observé une approche de calcul problématique utilisée lors de l'étude de dimensionnement du réseau actuel. En l'absence d'un indicateur clair de la NFPA (National Fire Protection Association), l'étude s'est uniquement basée sur l'approche de calcul pour le poteau le plus éloigné.
- Il sera plus judicieux de respecter la méthodologie proposée par la NFPA, et de se conformer à l'approche par débit d'incendie. (Dans le chapitre qui suit on va utiliser l'approche proposé par la NFPA.

5.3 Etude conforme aux normes NFPA

5.3.1 Système de Sprinklers

Pour la protection des surfaces dédiés aux stockages, nous allons suivre les étapes citées dans le schéma ci-dessous :

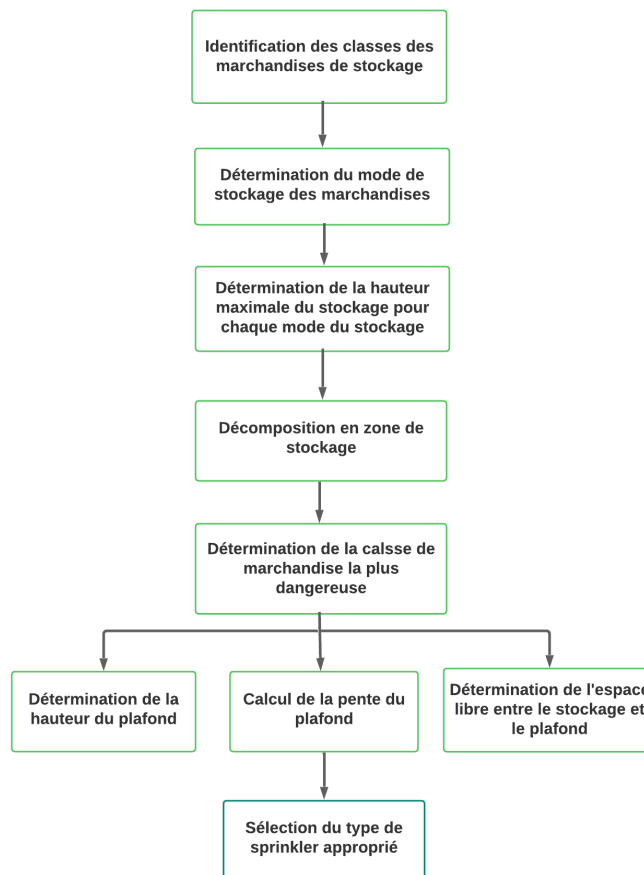


Figure 5-2: Schéma des étapes pour la sélection du type de Sprinkler.

5.3.1.1 Identification des classes des marchandises de stockage

Dans un premier temps, nous classifions les différents composants des marchandises selon la norme NFPA 13. Étant donné que les marchandises sont généralement composées de plastique, le premier défi consiste à classer ces types de plastique en trois groupes différents, à savoir le groupe A, B et C. Ensuite, nous classifions ce type de plastique comme expansé ou non, et nous additionnons le pourcentage de cette masse de plastique, ce dernier est déterminé à l'aide des « *Product Environmental Profile* », de chaque marchandise. Enfin, et comme les marchandises sont conditionnées en carton ou en bois, nous utilisons la courbe illustrée dans la Figure 5-3, afin de déterminer les classes de marchandises. Prenons l'exemple de cette marchandise « *Steel floor-standing enclosure* », la répartition en masse de ces composants est indiquée dans la figure ci-dessous ;

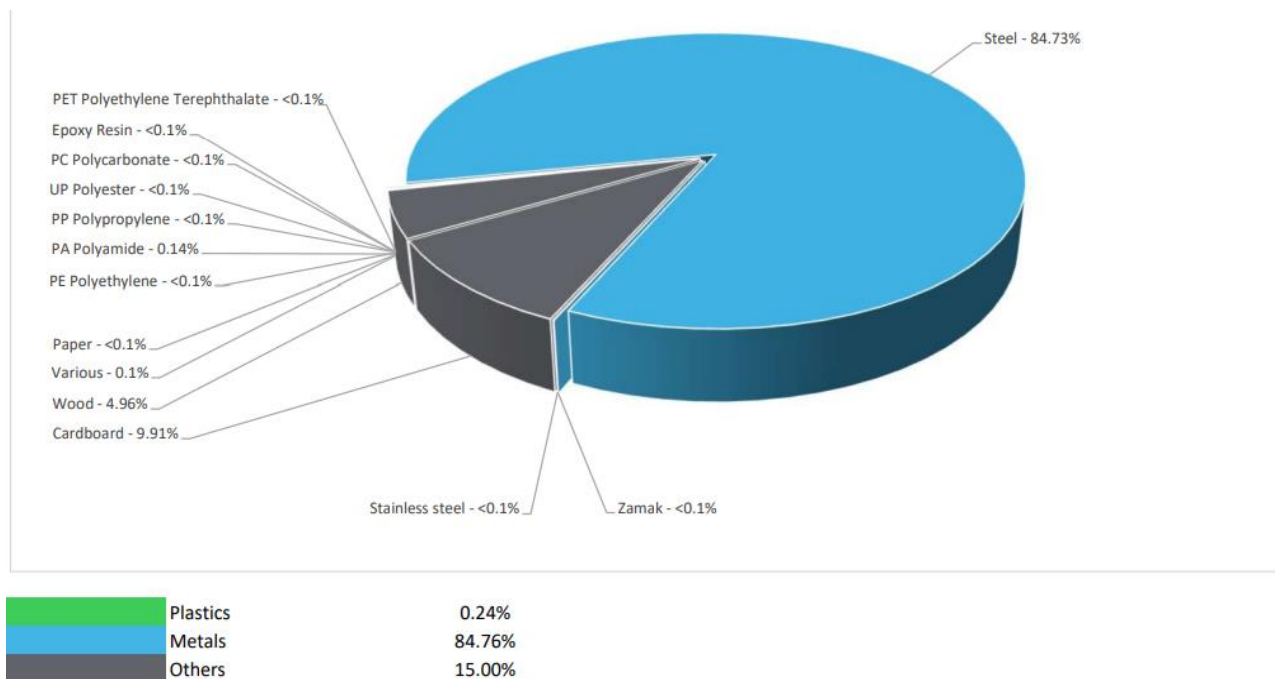


Figure 5-3 : Répartition en masse des composant de la marchandise « *Steel floor-standing enclosure* ».

A la base de ces informations, nous pouvons maintenant procéder de la classification comme présenté dans le tableau suivant ;

Tableau 5-1 : Classification de « Steel floor-standing enclosure »

Merchandise: Steel floor-standing enclosure						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PET Polyéthylène Téréphtalate	< 0.1	PET Thermoplastique Polyester	Groupe A Non expansé	Film plastique/ Carton	Classe 3	Bois
Epoxy Resin	< 0.1	/				
PC Polycarbonate	< 0.1	Polycarbonate				
Polyester	< 0.1	Polyester Elastomère				
Polypropylène	< 0.1	Polypropylène				
Polyamide	< 0.1	Nylon (nylon 6, nylon 6/6)				
Polyéthylène	< 0.1	Polyéthylène				
Totale	0.24%					

Le type de plastique est de **Groupe A non expansé**, avec un pourcentage de **0.24%** de la masse totale, on se basant sur la courbe de la Figure 2-9: Classification des marchandises, en carton ou dans un conteneur en bois, contenant un mélange de matières plastiques expansées et non expansées du groupe Cette masse ne dépasse pas **5%** de la masse totale, par conséquent cette marchandise est de classe III. Le reste de la classification des marchandises se trouve dans **l'ANNEXE C**.

5.3.1.2 Détermination du mode et de hauteur de stockage

Le tableau suivant représente les modes de stockage, et les hauteurs maximales correspondantes ;

Tableau 5-2: Mode et hauteur de stockage

Mode de stockage	La hauteur maximale [m]
Stockage Palettisé	3
Sur Rack à rangé double/ Racks à rangée Simple	7
Sur Rack à rangé double/ Racks à rangée Simple	7
Palettisé	3
Palettisé	2.4

5.3.1.3 Décomposition de l'entrepôt en zones

On peut faire apparaître sept différentes zones, telle que la figure ci-dessous indique cette classification qui est basée sur le mode et la hauteur des marchandises stockées.

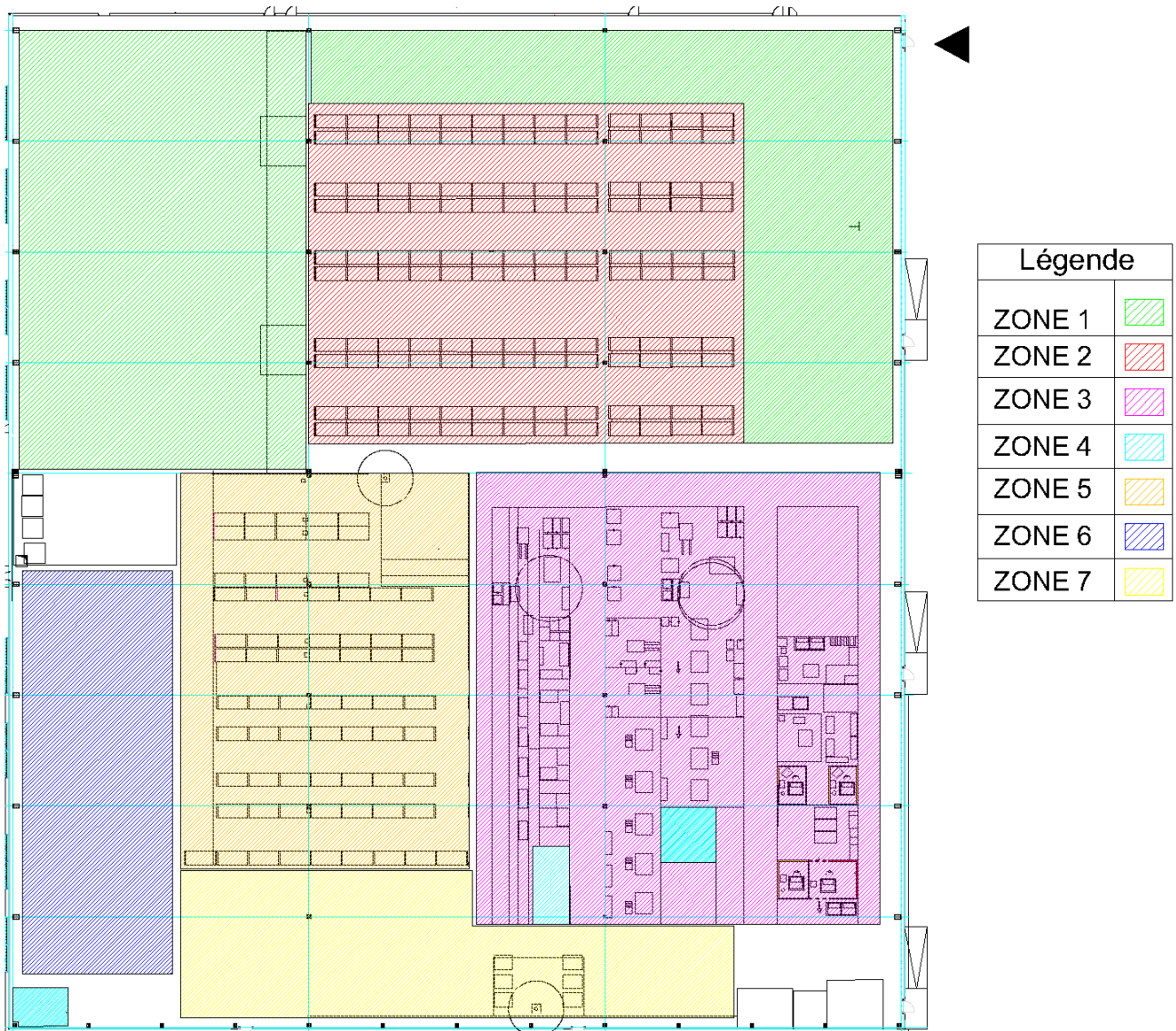


Figure 5-4: Décomposition du l'entrepôt en zones.

Notant que les espaces notés *zone 4* est composée d'une chambre dédiée aux tests électriques, afin d'assurer la qualité des certains produits, ainsi qu'une zone de chargement des batteries, cette zone ne fait pas partie de notre étude.

5.3.1.4 Détermination de la classe de marchandise la plus dangereuse

Etant donné que pour la même zone, et pour le même mode de stockage, c'est un stockage de marchandise mixte. Pour cela et comme la norme a abordée un classement, de la gravité de danger

représenté par la marchandise de la plus faible (classe I) à la plus élevée (plastique expansé exposé), Donc pour les différentes zones leurs protections sera basé sur la classe de marchandise qui représente le danger le plus grave, Le tableau ci-dessous représente la classe de marchandise la plus dangereuse en fonction de chaque zone.

Tableau 5-3: La classe de marchandise la plus dangereuse en fonction de chaque zone.

Numéro de Zone	Mode de stockage	La classe de marchandise qui représente le danger la plus grave
1	Stockage Palettisé	Classe 4
2	Sur Rack à rangé double/ Racks à rangée Simple	Plastique non expansé en carton/ en bois
5	Sur Rack à rangé double/ Racks à rangée Simple	Classe 4
6	Palettisé	Classe 3
7	Palettisé	Classe 4

5.3.1.5 La hauteur maximale de stockage et L'espace libre Pour chaque Zone

L'étape suivante consiste à déterminer la hauteur maximale, de zone de stockage, et l'espace libre entre le stockage et le plafond, celles-ci sont représentés dans le tableau ci-dessous ;

Tableau 5-4: La hauteur maximale et l'espace libre de chaque zone.

Numéro de Zone	Hauteur maximale de stockage [m]	L'espace libre [m]
1	3	6
2	7	2
5	7	2
6	3	6
7	2.4	6.6

5.3.1.6 La pente du plafond

Le plafond se caractérise par une variation de hauteur de 1m sur une distance horizontale de 10m, ce qui équivaut à une pente de 10%. Selon la NFPA 13 c'est un plafond de type horizontal.

5.3.1.7 Sélection du système de Sprinkler et du type de Sprinkler approprié

Après avoir décomposé l'entrepôt en zones et déterminé les caractéristiques de chaque zone, y compris celles du plafond, la prochaine étape cruciale consiste à sélectionner le type de Sprinklers approprié pour chaque zone. Dans ce contexte, il est important de prendre en compte les conditions de température spécifiques (entre 4 °C et 95 °C en permanence) requises pour l'utilisation d'un système de Sprinklers sous eau. De plus, la norme **NFPA 13** recommande généralement l'utilisation de ce type de système pour les applications de stockage.

En tenant compte de ces facteurs, il est recommandé de choisir **un système de Sprinklers sous eau** pour assurer une protection appropriée dans ces conditions.

5.3.1.8 La protection des zones 1,2,5,6,7

Ces zones sont destinées aux activités de stockage. Pour assurer la protection de ces zones, nous choisissons **le type de Sprinkler "ESFR"**, conformément aux exigences de la **NFPA 13**. Ensuite, la sélection des caractéristiques du Sprinkler sera basée sur les exigences décrites dans le tableau ci-dessous, extrait de la **NFPA 13** :

Tableau 5-5: Caractéristiques de Sprinklers de type ESFR, pour la protection des stockages, en masse, palettisé et sur Racks.[15]

Type de marchandise	Hauteur maximale du plafond [m]	Facteur K [L/min/(bar) ^{1/2}]				La pression maximale [bar]
		200	240	320	360	
De la classe I jusqu'à la Classe IV et Plastique du groupe A non expansé conditionnée en cartons	7.6	3.4	2.4	1.7	1.0	
	9.1	3.4	2.4	1.7	1.0	
	10.7	5.2	3.6	2.4	1.4	
	12.2	-	3.6	-	1.7	
	13.7	-	-	2.8	2.8	

Tant que la hauteur maximale du plafond dans notre cas est de **9.1 m**, nous avons la possibilité de sélectionner différents facteurs K des Sprinklers de type ESFR , à condition de respecter les pressions au niveau du Sprinkler le plus éloigné, telles qu'indiquées dans le tableau ci-dessus. Pour assurer une protection efficace, nous choisissons le facteur de décharge le plus supérieur (**360 L/min/(bar)^{1/2}**), Donc la pression au niveau du sprinkler le plus éloigné à respecter est de **1 bar**.

5.3.1.9 La protection de la zone 3

Dans cette zone, les opérateurs manipulent et entreposent les composants des cellules afin de monter des produits finis qui sont ensuite stockés dans la zone 7.

Nous avons déjà classifié les produits finis entreposés dans la zone 7 comme des marchandises de classe **IV**. Selon la NFPA **13**, les marchandises de cette classe sont considérées comme ayant des pouvoir calorifique de chaleur modérés. Par conséquent, nous pouvons classer cette zone comme « **une activité à risque ordinaire de groupe 2** ».

La NFPA 13 spécifie des circonstances dans lesquelles une protection ESFR peut être souhaitable pour une activité présentant un risque léger ou ordinaire, parmi ces situations une qui correspond à notre cas d'étude.

La situation concerne les parties d'un bâtiment adjacentes à une zone d'entreposage présentant un risque ordinaire ou un risque léger telles que des installations de fabrication liées à l'entreposage des matériaux utilisés. Dans ce cas, l'installation des Sprinklers **ESFR** dans l'ensemble du bâtiment serait efficace du point pour la protection contre les incendies.

En conclusion, dans notre cas, nous choisissons le type de Sprinkler **ESFR**, pour assurer une protection adéquate compte tenu des circonstances décrites.

5.3.1.10 La conception du système Sprinkler

Pour le type **ESFR** l'espacement dépend du type de construction (sans obstacle, avec obstacle) et la hauteur du plafond, Donc la sélection de la surface maximale couverte par Sprinkler se fait à partir de tableau ci-dessous issu de la NFPA 13.

Tableau 5-6: Surface de protection et espacement maximal des Sprinklers [15].

Type de construction	Hauteur du plafond Inférieur ou égale 9.1 m		Hauteur du plafond Supérieur à 9.1 m	
	Surface de protection [m^2]	Espacement Maximale [m]	Surface de protection [m^2]	Espacement Maximale [m]
Sans obstacle	9	3.7	9	3.0
Avec obstacle	9	3.7	9	3.0

En prenant en compte le fait que la construction sur laquelle nous allons travailler est de type « *Charpente à poutres et poutrelles* », il convient de la classer conformément à la norme **NFPA 13** en tant que construction **avec obstacle**. Et à la base de ces exigences d'espacement de ce type de sprinkler et de la surface de couverture par Sprinkler, le tableau ci-dessous résume l'espacement entre les Sprinklers, entre les antennes et entre le mur et Sprinkler ;

Tableau 5-7: Espacement des Sprinklers et surface couverte par Sprinkler.

L'espacement maximum entre les Sprinklers le long des antennes	3 m
L'espacement maximum entre les antennes	3 m
L'espacement maximum entre le dernier Sprinkler et le mur	1.5 m
La surface couverte par Sprinkler	9 m^2

La figure ci-dessous illustre l'espacement entre les sprinklers ;

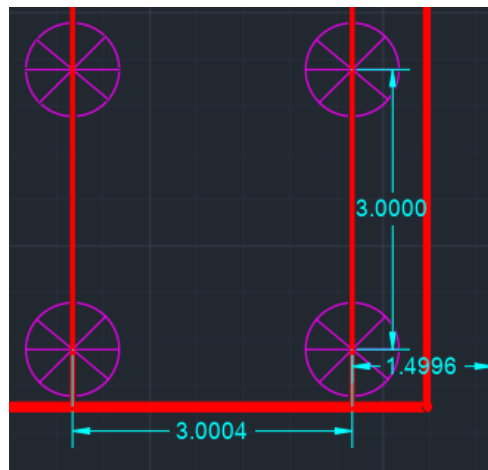


Figure 5-5: Espacement des Sprinkler s.

La distance entre le déflecteur et le plafond situé au-dessous pour un sprinkler de type ESFR, avec un facteur K de $360 \text{ L/min}/(\text{bar})^{1/2}$, est de 450 mm choisi conformément aux exigences du Tableau 2-3.

L'espace libre jusqu'au stockage est de **1.55 m** (plus de **900 mm**), choisi conformément aux exigences du Tableau 2-4.

Pour la méthode de conception appropriée pour ce type de Sprinkler il s'agit d'un nombre de sprinklers total requis dans la conception hydraulique de **12 Sprinklers**, comprenant **4 sprinklers** sur chacune des trois antennes.

La température nominale du sprinkler est de classe ordinaire conformément au Tableau 2-1.

Ensuite, il est nécessaire de déterminer le nombre de postes de contrôle à installer. Selon la norme NFPA 13, il y a une limitation des surfaces de protection du système, quel que soit le type de système utilisé. La surface maximale de tout plancher devant être protégé par des Sprinklers alimentés par un poste de contrôle Sprinkler s, doit correspondre à l'une des catégories suivantes :

- Risque léger 4830 m^2
- Risque ordinaire 4830 m^2
- Risque élevé 3720 m^2
- Stockage élevé 3720 m^2
- Stockage sur rack 3720 m^2 . [15]

Dans notre cas, nous allons se baser sur la limitation de la surface protégée par un poste de contrôle pour un stockage sur racks de **3 720 m²**. La surface totale du site à protéger est de **7 200 m²**, par conséquent, il faudra prévoir au moins deux postes de contrôle Sprinklers pour respecter la limite de surface de protection imposée par la norme.

Par conséquent, nous avons choisi d'implanter trois (3) systèmes de Sprinklers avec la répartition suivante :

- Le premier système couvrir une surface de (**39 m × 80 m**), c'est l'équivalent de **3200 m²**.
- Le deuxième système couvrir une surface de (**48 m × 39.5 m**), c'est l'équivalent de **1896 m²**.
- Le troisième système couvrir une surface de (**48 m × 36 m**), c'est l'équivalent de **1800 m²**.

5.3.1.11 Calcul de nombre des antennes pour chaque système

Le calcul du nombre des antennes se fait à partir de la relation suivante, ;

$$N_{\text{antennes}} = \frac{L_{\text{surface}}}{L}$$

Sachant que ;

N_{antennes} : le nombre des antennes ;

L_{surface} : Longueur de la surface à protéger ;

L : l'espacement entre les antennes.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous ;

Tableau 5-8: Nombre des antennes pour chaque système.

N° du Système	Longueur de la surface À protéger [m]	L'espacement Entre les antennes [m]	Nombre des antennes
1	80	3	27
2	51		17
3	51		17

5.3.1.12 Calcul de nombre de Sprinkler le long de chaque antenne

Le calcul du nombre de Sprinkler le long des antennes se fait par la relation suivante, notant que toute fraction de Sprinkler doit être arrondie au nombre entier de Sprinklers supérieur suivant. ;

$$n_s = \frac{l_{\text{surface}}}{S}$$

Sachant que ;

n_s : le nombre des Sprinklers le long de l'antenne ;

l : Largeur de la surface à protéger ;

S : l'espacement entre les Sprinklers le long de l'antenne.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous ;

Tableau 5-9: Nombre d'antennes pour chaque système.

N° du Système	Largeur de la surface À protéger [m]	L'espacement Entre les antennes [m]	Nombre des Sprinklers le long de l'antenne
1	39	3	13
2	36		12
3	42		14

La conception, comprenant l'implantation des trois (3) systèmes de sprinklers détaillées précédemment, est présentée en détail sur la figure ci-dessous.

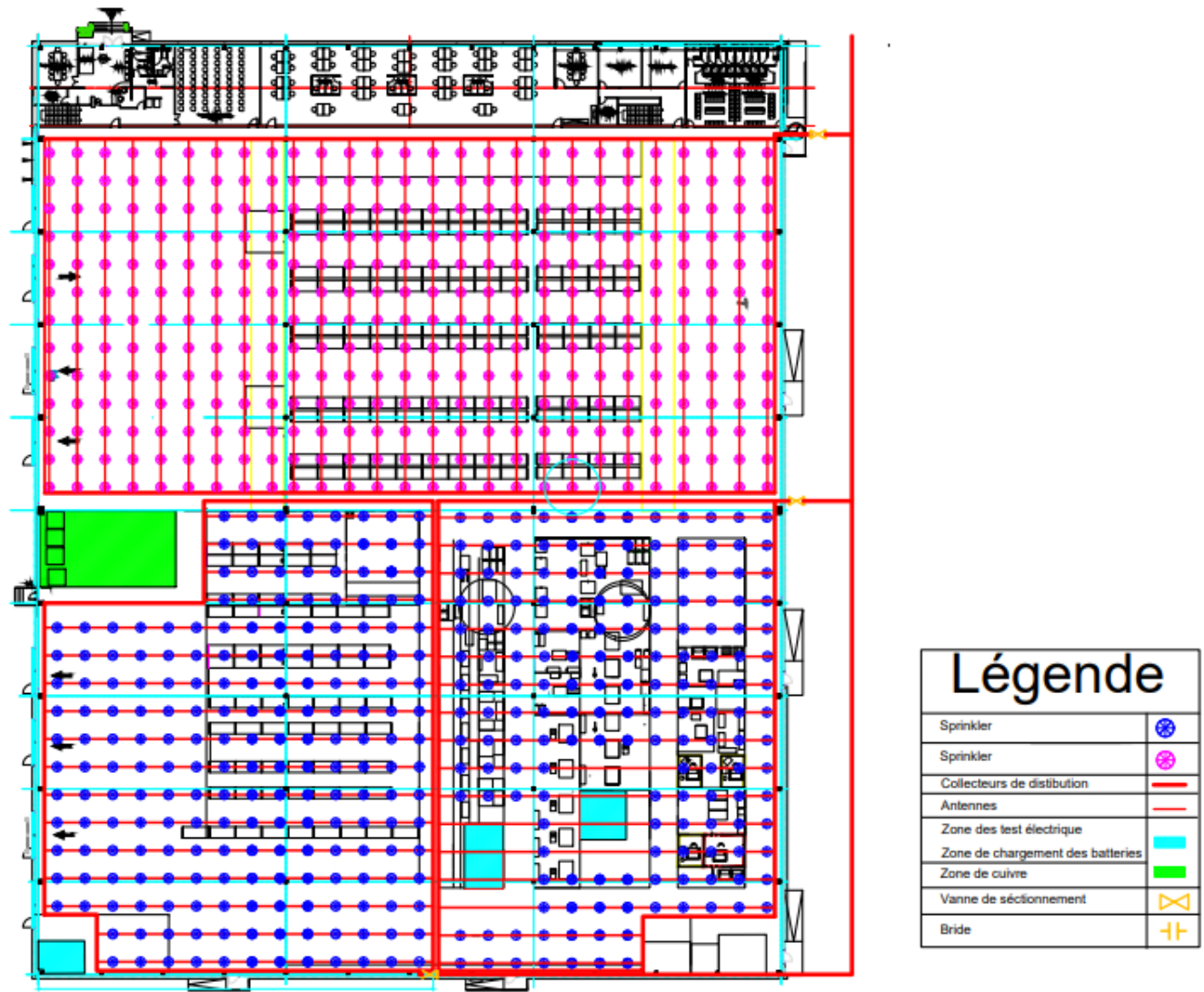


Figure 5-6: Plan de la conception des trois (3) systèmes de Sprinklers.

5.3.2 Système de robinets d'incendie armés (R.I.A)

La sélection de la classe du système de colonnes montantes se fait en fonction de l'utilisation prévue. Il existe trois classes de systèmes de colonnes montantes correspondant à trois utilisations différentes :

- (1) lutte contre les incendies à grande échelle, pour la classe I.
- (2) lutte contre les incendies de premiers secours, pour la classe II.
- (3) les deux à la fois, pour la classe III.[30]

Selon le *décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991* relatif aux prescriptions générales de protection en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail, il est stipulé que des consignes doivent être fournies au personnel en cas d'incendie. Ces consignes comprennent la localisation du matériel d'extinction et de sauvetage, l'identification du personnel chargé de son utilisation, ainsi que les personnes responsables de l'évacuation du personnel ou, le cas échéant, du public.

Dans le cadre de conception, où nous cherchons à assurer la sécurité incendie dans le milieu de travail, il est essentiel de choisir une classe de système de colonnes montantes en accord avec les exigences réglementaires. En examinant les différentes classes de systèmes de colonnes montantes définies, il est évident que la classe II correspond le mieux à l'utilisation prévue.

5.3.2.1 Emplacement des robinets d'incendie armés (R.I.A)

Afin de garantir que l'emplacement des robinets d'incendie armés (RIA) est optimal pour notre situation, il est essentiel de respecter les exigences de la norme *NFPA 14* pour la classe II choisie. Cela comprend notamment ;

- L'assurance que chaque coin de l'espace se trouve à moins de 39.7 mètres d'un robinet d'incendie de 40 mm
- L'accès des RIA est facile, et l'axe des robinets est situé entre 1.50m du sol.

La figure ci-dessous illustre l'emplacement des robinets incendie ;

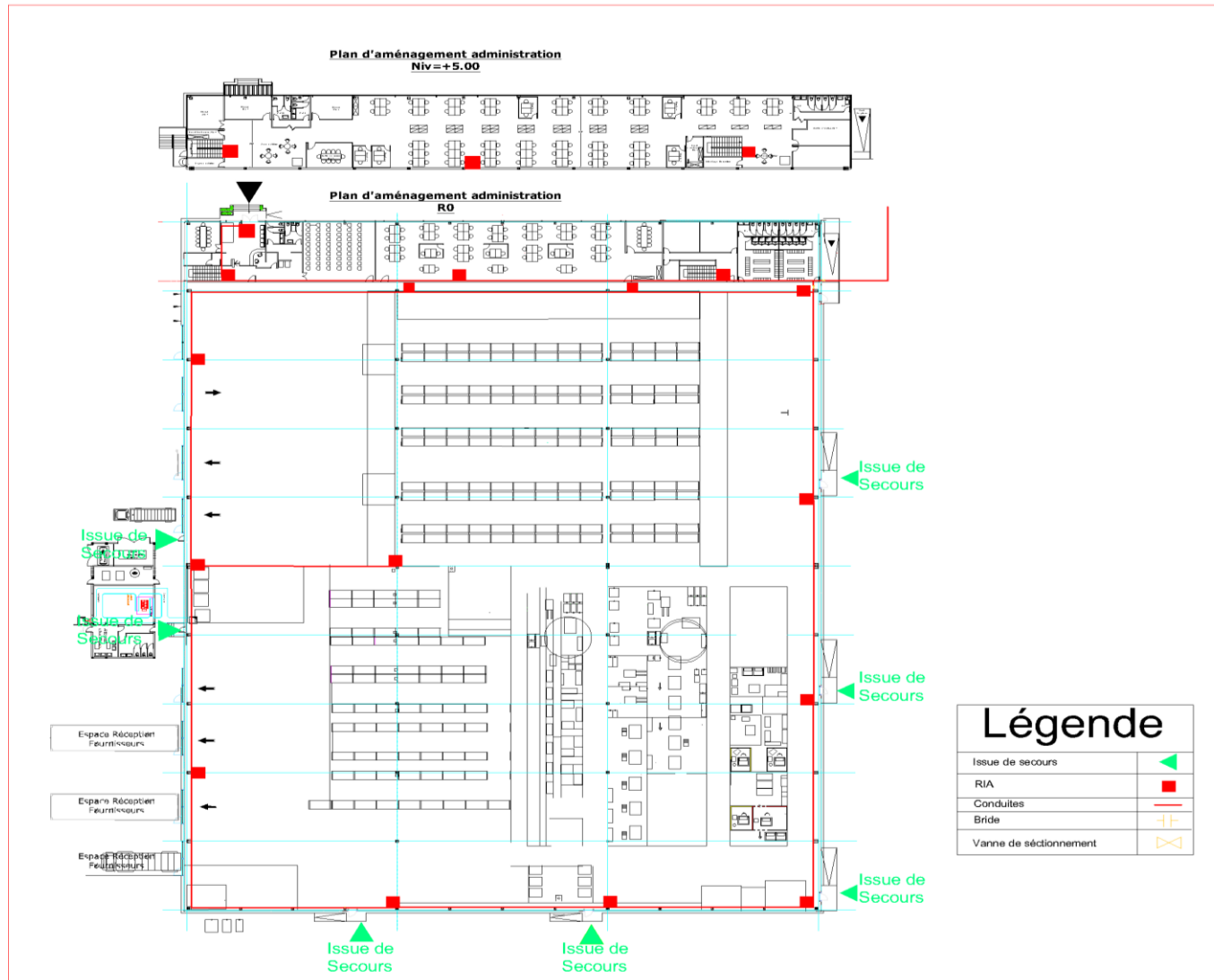


Figure 5-7: Plan d'emplacement des R.I. A

5.3.3 Système des poteaux incendie

Le schéma suivant représente les étapes que l'on va suivre pour le dimensionnement de système de poteau incendie ;

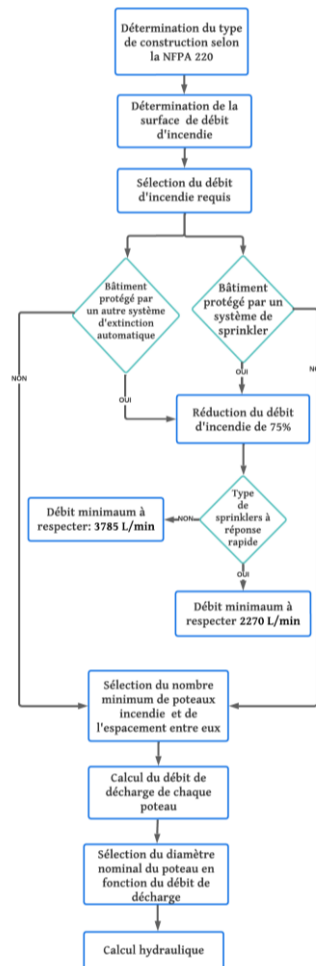


Figure 5-8: Méthodologie de dimensionnement de système de poteaux incendie

5.3.3.1 Type de construction

Les murs porteurs extérieurs sont de type panneau sandwich, les poutres, et poutrelles sont de type charpente métallique, et le plancher est construit en ciment. En ce qui concerne les murs intérieurs, ils sont fabriqués en Placoplatre, un matériau classé par la NFPA 220 comme un matériau de combustibilité limitée. En se basant sur ces paramètres, nous classifions la construction comme étant de type II (111).

5.3.3.2 La surface incendie et débit d'incendie

La surface d'incendie est de **8801.1 m²**. Pour une construction de type II (111), le débit requis est de **17031.6 L/min**, pour une durée d'approvisionnement de quatre (4) heures. Cependant, étant donné que la construction est équipée d'un système de sprinkler, la *NFPA 1* exige une réduction du débit d'incendie de **75%**, ce qui correspond à **4257.9 L/min**, pour une durée d'approvisionnement d'une heure.

5.3.3.3 Le nombre minimum de poteaux incendie et l'espacement entre eux

Le nombre minimum de poteaux incendie requis selon la *NFPA 72 (National Fire Code)* pour un débit d'incendie de **4257.9 L/min** est d'un (1) poteau. Cependant, comme illustré dans la figure ci-dessous, nous allons installer quatre (4) poteaux d'incendie de chaque côté de la construction, en respectant une distance d'espacement de **152.4 m** entre les poteaux. Ces derniers sont espacés de **114.005 m**, de manière à être placés au milieu de chaque côté.

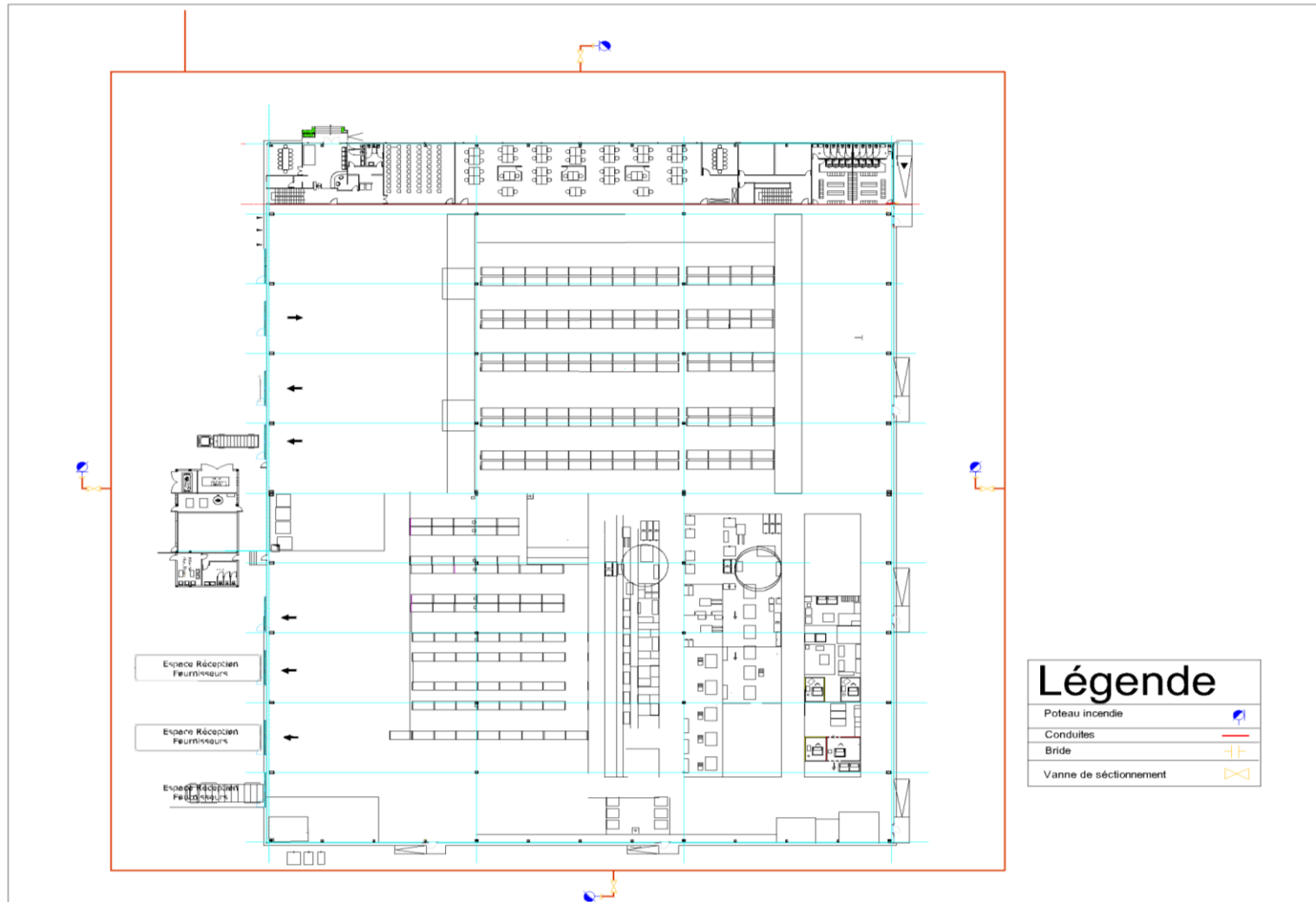


Figure 5-9: Plan d'emplacement des poteaux incendie.

5.4 Conclusion

En conclusion, dans ce chapitre nous avons abordé le diagnostic des systèmes anti-incendie existants, en examinant toutes les parties des systèmes anti-incendie existant. Les résultats d'inspection obtenus nous indiquent que des écarts majeurs par rapport aux normes NFPA, selon la connaissance apprise lors des chapitres précédents nous évaluons que ces écarts sont de priorité maximale et doivent être corrigés dès que possible.

Pour cela nous avons proposé une étude conforme aux normes NFPA pour les systèmes de sprinklers, les robinets d'incendie armés (R.I.A) et les poteaux incendie. La suite de l'étude comportant le dimensionnement et calcul hydraulique sera prise en détail dans le chapitre suivant.

Chapitre 6 :

Dimensionnement des

systèmes anti-incendie

6 Dimensionnement des systèmes anti-incendie

6.1 Introduction

Dans ce chapitre, Nous commencerons par présenter des notions clés de l'hydraulique nécessaires à la compréhension des principes de dimensionnement des réseaux anti-incendie.

Ensuite, nous nous pencherons sur l'utilisation du logiciel Pipenet 1.11.0, un outil puissant et largement utilisé pour le dimensionnement des réseaux anti-incendie. Nous explorerons les fonctionnalités et les capacités de ce logiciel, ainsi que les méthodologies de travail pour effectuer les calculs hydrauliques nécessaires à travers notre cas d'étude.

Enfin, nous mettrons en pratique nos connaissances en utilisant le logiciel Pipenet 1.11.0 pour dimensionner chaque système de manière spécifique. Nous interpréterons les résultats de calcul tels que la vitesse d'écoulement, la pression et les débits, afin de garantir des performances optimales et une protection incendie efficace.

6.2 Notions d'hydraulique applicable aux réseaux anti-incendie

Pour estimer les pertes par frottement causées par l'écoulement de l'eau dans les tuyauteries différentes méthodes sont disponibles, mais la plus couramment utilisée est la méthode Hazen-Williams. Selon cette méthode, les pertes de charge par frottement dans les canalisations peuvent être déterminées en utilisant la formule de Hazen-Williams.[31]

6.2.1 Formule de Hazen-Williams

Les pertes de charge par frottement dans les canalisations doivent être déterminées de la manière suivante, à l'aide de la formule de Hazen-Williams :

$$\Delta p_m = 6.05 \times \left(\frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d_m^{4.87}} \right) \times 10^5$$

Où :

p_m = résistance de frottement en bar par mètre de tuyau

Q_m = débit en L/min

C = coefficient de perte de charge par frottement

d_m = diamètre intérieur réel du tuyau en mm ; [15]

La formule de Hazen-Williams dépend du type de tuyau (le facteur C), le diamètre du tuyau et le débit à travers le tuyau. Le facteur C décrit la rugosité relative de l'intérieur du tuyau.

Les facteurs C standardisés pour différents types de tuyaux sont indiqués dans le tableau ci-dessous extrait de la NFPA 13.[15]

Tableau 6-1: Valeur de facteur C. [15]

Type de conduite	Valeurs C
Fonte coulée ou fonte ductile non revêtue	100
Acier noir (systèmes sous air y compris à préaction)	100
Acier noir (systèmes sous eau y compris déluge)	120
Galvanisé (tous)	120
Plastique	150
Tuyauterie en cuivre ou en acier inoxydable	150

6.2.2 Formule de Darcy-Weisbach

La norme NFPA 13 n'exige pas l'utilisation de la méthode Darcy-Weisbach pour calculer la perte de charge pour les systèmes à eau uniquement, car la densité et la viscosité de l'eau ne changent pas de manière significative dans la gamme de températures où l'eau est utilisée pour la protection contre l'incendie, et l'effet de la turbulence est extrêmement mineur. Cependant, lorsque des solutions antigel sont utilisées dans des espaces froids, la viscosité et la densité de l'antigel peuvent changer de manière significative, et l'utilisation de la formule Hazen-Williams seule sous-estimait sérieusement la pression nécessaire pour expulser l'antigel de la conduite. [13]

La norme exige que, pour les systèmes antigel d'un volume de solution supérieure à 150 L, les pertes de charge doivent être calculée à l'aide de la formule de Darcy-Webach tel que :

$$P_m = 2.252 \times f \left(\frac{l \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5} \right)$$

Où :

P_m : perte de pression (*bar*)

f : facteur de perte par frottement du diagramme de Moody.

l : longueur de la canalisation (m)

ρ : densité du fluide (Kg/m^3)

Q : débit dans la conduite (L/min)

d : diamètre interne de conduite (mm).[15]

6.2.3 La pression cinétique

La pression cinétique est la quantité d'énergie associée à la vitesse de l'eau dans un tuyau. La pression de vitesse agit toujours dans le sens de l'écoulement de l'eau. Par conséquent, la pression de vitesse agit toujours dans la direction du flux d'eau. Par conséquent, la pression cinétique ne provoquera pas l'éjection de l'eau hors d'un sprinkler en fonctionnement lorsque l'eau passe à travers la tuyauterie près du sprinkler.

La pression cinétique doit être déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$P_v = \frac{0.001123 Q^2}{D^4}$$

Tel que ;

P_v : pression cinétique en psi (SI : 1 psi = 0,0689 bar)

Q : débit en gpm (SI : 1 gal = 3,785 L)

D : diamètre en mètres.[13]

6.2.4 La pression normale

La pression normale agit dans toutes les directions et inclut la pression agissante contre, ou perpendiculaire, à la paroi du tuyau. Cette pression agit pour provoquer l'écoulement de l'eau à travers l'orifice de sprinkler en fonctionnement fixé sur le côté de la tuyauterie. Lorsqu'aucun écoulement ne se produit, la pression de cinétique est nulle et la pression normale est égale à la pression totale.

La pression normale (P_n) doit être déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$P_n = P_t - P_v$$

Où ;

P_n : pression normale en bar.

P_t : pression totale en bar.

P_v : pression cinétique en bar.[13]

6.2.5 La pression totale versus la pression cinétique ou normale

La norme NFPA 13 propose deux méthodes de calcul hydraulique : la méthode de la pression totale et la méthode de la pression cinétique. La méthode de la pression de cinétique, également appelée méthode de la pression normale, calcule le débit des sprinklers en se basant sur la pression normale. La pression normale est obtenue en soustrayant la pression cinétique de la pression totale. La méthode de la pression totale est couramment utilisée et suppose que la pression totale est

responsable de l'écoulement de l'eau à travers tous les sprinklers en fonctionnement, puisque la pression totale est toujours supérieure que la pression normale. En utilisant une pression plus élevée pour calculer le débit de sprinkler en fonctionnement, la demande est surestimée, ce qui crée ainsi un facteur de sécurité.

Pour le cas d'une configuration maillée, où l'eau provient des deux côtés vers les sprinklers, il est essentiel d'utiliser la pression totale pour calculer le débit. En s'assurant que tous les sprinklers ont un débit suffisant.[13]

6.2.6 Longueurs équivalentes de canalisation des vannes et des raccords

Pour calculer les pertes de charge dans les raccords et autres accessoires, il est courant de leur attribuer une longueur équivalente égale à celle d'un tronçon de tuyau de même diamètre. Cette approximation facilite les calculs. La longueur équivalente, notée l_{eq} , représente le fait qu'un débit Q donné circule dans une conduite de diamètre d , et que la perte de charge due aux turbulences est équivalente à celle due au frottement dans un tronçon droit de même diamètre d et de longueur l_{eq} . Ainsi, la longueur équivalente est proportionnelle à la perte de charge ; plus la perte de charge est élevée, plus la longueur équivalente est grande.[15]

Le tableau ci-dessous extrait de la NFPA 13 est utilisé pour déterminer la longueur équivalente de tuyau pour les raccords et les dispositifs de canalisation en acier nomenclature 40, et pour un facteur C égale 120.

Tableau 6-2 : les longueurs équivalentes de canalisation en acier nomenclature 40.[15]

Raccords et vannes	Raccords et vannes exprimés en pieds de canalisation équivalents														
	½ in.	¾ in.	1 in.	1¼ in.	1½ in.	2 in.	2½ in.	3 in.	3½ in.	4 in.	5 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.
Coude 45°	—	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
Coude normalisé 90°	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
Coude 90° courbe longue	0.5	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Té ou croix (courant d'eau à 90°)	3	4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Vanne papillon	—	—	—	—	—	6	7	10	—	12	9	10	12	19	21
Vanne guillotine	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
Clapet anti-retour à battant *	—	—	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

Pour les unités SI, 1 in. = 25,4 mm ; 1 ft = 0,3048 m

Pour d'autres valeurs de C , les données du tableau ci-dessus doivent être multipliées par les facteurs indiqués au tableau ci-dessous :

Tableau 6-3 : Multiplicateur de la valeur C . [15]

Valeur de C	100	130	140	150
Facteur multiplicateur	0.713	1.16	1.33	1.51

Pour les tuyaux dont le diamètre intérieur est différent de celui d'un tuyau en acier nomenclature 40, l'équivalent en mètres donné par le tableau ci-dessus doit être multiplié par un facteur dérivé de la formule suivante [15] :

$$\text{Facteur} = \left(\frac{\text{Diamètre intérieur réel}}{\text{Diamètre intérieur d'un tuyau en acier nomenclature 40}} \right)^{4.87}$$

6.2.7 Calcul de la pression totale

Après détermination de la perte de charge par frottement par mètre en utilisant les équations mentionnées au paravant, le calcul de la pression totale est déterminé en multipliant ΔP_m fois la longueur du tuyaux L , [15] où ;

$$P_f = \Delta P_m \times (L + l_{eq})$$

6.2.8 Vitesse d'écoulement

La NFPA 13 ne stipule pas de limite maximale sur les vitesses d'eau dans les tuyauteries ; cependant, certaines compagnies d'assurance incorporent de telles limites. La définition de la formule de Hazen-Williams contenue dans la fiche technique FM 2-0, Directives d'installation pour les sprinklers automatiques, inclut une limite de vitesse recommandée de 9,1 m/s, pour l'utilisation de cette formule, [14]. En outre la norme APSAD R1 exige que la vitesse de l'eau ne doit pas dépasser 10 m/s en tous points du réseau entre le poste de contrôle et les sprinklers, et 6 m/s à travers une vanne ou un dispositif de mesure du débit. [32]

D'autres normes mécaniques de tuyauterie imposent des limites de vitesse de l'eau en raison de problèmes de bruit et d'érosion des tuyaux. De tels problèmes ne sont pas pertinents dans les systèmes de protection incendie, car l'eau ne circule normalement pas à travers eux. Les systèmes de sprinklers automatiques ne fonctionnent que pendant un incendie ou lors des tests.

La NFPA 13 n'exige pas que les calculs soient effectués à la main. Les tables de perte de charge par frottement ou les calculs hydrauliques internes faisant partie d'un programme

informatique sont généralement utilisés pour établir la perte de charge par frottement. Ces tables et programmes fournissent un ensemble de valeurs précises de perte de charge par frottement pour une combinaison de types de tuyaux et de débits, qui sont tous basés sur la formule de Hazen-Williams.[13]

6.2.9 La méthode de Hardy-Cross

Pour déterminer la répartition du flux qui a lieu dans les différentes parties d'un réseau en configuration maillée ou bouclée, nécessite l'utilisation d'une méthodologie systématique pour arriver à un résultat suffisamment précis.

- Conservation de la masse : La somme des flux entrant et sortant d'une jonction doit être égale à zéro ($\sum Q = 0$).
- Conservation de l'énergie : La perte (gain) de pression entre deux jonctions est indépendante du chemin emprunté. Ce principe est basé sur le fait qu'il ne peut y avoir deux pressions différentes en un seul point d'un système. Par conséquent, quel que soit le chemin choisi entre deux points d'un système, la somme des pertes (gains) de pression le long de ce chemin doit être égale.

Bien que chaque chemin possible puisse être utilisé pour satisfaire ce concept, la somme des pertes (gains) autour de chaque maille du système satisfiera l'ensemble du système en respectant ce critère en additionnant les pertes (gains) à zéro.

Prenant cet exemple d'une simple maille illustrée dans la figure ci-dessous :

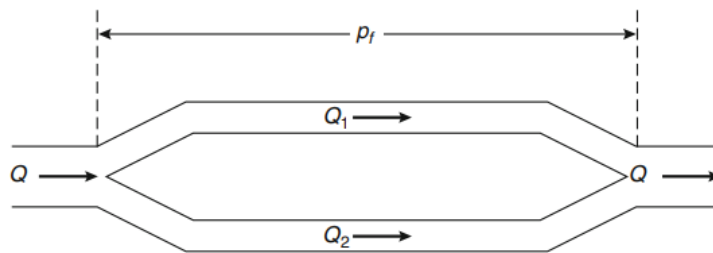


Figure 6-1: exemple d'une maille simple.[31]

Appliquant la formule de Hazen-Williams pour chaque jonction de la maille ;

$$p_f = L_1 \times 6.05 \times \left(\frac{Q_{m1}^{1.85}}{C_1^{1.85} \cdot d_{m1}^{4.87}} \right) \times 10^5 = L_2 \times 6.05 \times \left(\frac{Q_{m2}^{1.85}}{C_2^{1.85} \cdot d_{m2}^{4.87}} \right) \times 10^5$$

En substituant le terme FLC par tous les termes sauf Q :

$$p_f = FLC_1 \times Q_{m1}^{1.85} = FLC_2 \times Q_{m2}^{1.85}$$

Cela se simplifie et devient :

$$\left(\frac{Q_{m1}}{Q_{m2}}\right)^{1.85} = \frac{FLC_2}{FLC_1}$$

Puisque Q_{m1} et Q_{m2} se combinent pour créer un débit total égal à Q, Ce débit peut être déterminé comme suit :

$$Q_{m1} = \frac{Q}{[(FLC_1/FLC_2)^{0.54} + 1]}$$

Il arrive qu'un système n'est pas complexe peut être simplifié en substituant à deux ou plusieurs conduites en série ou en parallèle par une "Conduite équivalente", tel que ;

Pour les conduites en séries ;

$$FLC_e = FLC_1 + FLC_2 + FLC_3 + \dots$$

Pour les conduites en parallèles ;

$$\left(\frac{1}{FLC_e}\right)^{0.54} = \left(\frac{1}{FLC_1}\right)^{0.54} + \left(\frac{1}{FLC_2}\right)^{0.54} + \dots$$

Pour les systèmes maillés, qui impliquent un écoulement à travers plusieurs mailles, les ordinateurs sont généralement utilisés car il est nécessaire de résoudre un système non linéaire. On utilise la méthode de **Hardy Cross** pour équilibrer les pressions. Cette méthode consiste à supposer une distribution du débit dans le réseau de tuyauteries, puis de procéder par itération, en appliquant des débits correctifs successifs jusqu'à ce que les différences de pertes de pression dans les différents itinéraires soient presque égales.

La procédure de solution de Hardy Cross appliquée à la tuyauterie des systèmes de sprinklers est la suivante :

1. Identifier tous les circuits en maille et les paramètres significatifs associés à chaque segment de la maille, tels que la longueur de la conduite, le diamètre et le coefficient de Hazen-Williams. Réduire le nombre de conduite individuels lorsque cela est possible en trouvant la conduite équivalente pour les conduites en série ou en parallèle.
2. Évaluer chaque paramètre dans les unités appropriées. Les pertes mineures à travers les raccords doivent être converties en longueurs de conduite équivalentes. Une valeur de tous les paramètres, à l'exception du débit, pour chaque section de tuyau doit être calculée (FLC).

3. Supposer une répartition raisonnable des débits qui satisfait à la continuité, en procédant maille par maille.

4. Calculer la perte de pression (ou de charge) due au frottement p_f , dans chaque conduite en utilisant le FLC dans la formule de Hazen-Williams.

5. Additionner les pertes de pression autour de chaque maille en tenant compte de la direction de l'écoulement, c'est-à-dire supposer un écoulement positif dans le sens des aiguilles d'une montre et un écoulement négatif dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les débits sont corrects lorsque la somme des pertes, dp_f , est aussi faible que souhaité, généralement de l'ordre de (0,03 bar).

6. Si la somme des pertes n'est pas suffisamment faible pour chaque boucle, diviser la perte de friction de chaque conduite par le débit présumé pour le tuyau, p_f/Q .

7. Calculer un débit de correction pour chaque boucle comme ; $dQ = \frac{-dp_f}{[1.85 \sum(p_f/Q)]}$.

8. Ajouter les valeurs de débit de correction à chaque tuyau de la boucle selon les besoins, ce qui augmente ou diminue les débits présumés antérieurs. Dans les cas où un seul tuyau est dans deux boucles, la différence algébrique entre les deux valeurs de dQ doit être appliquée comme correction au débit présumé.

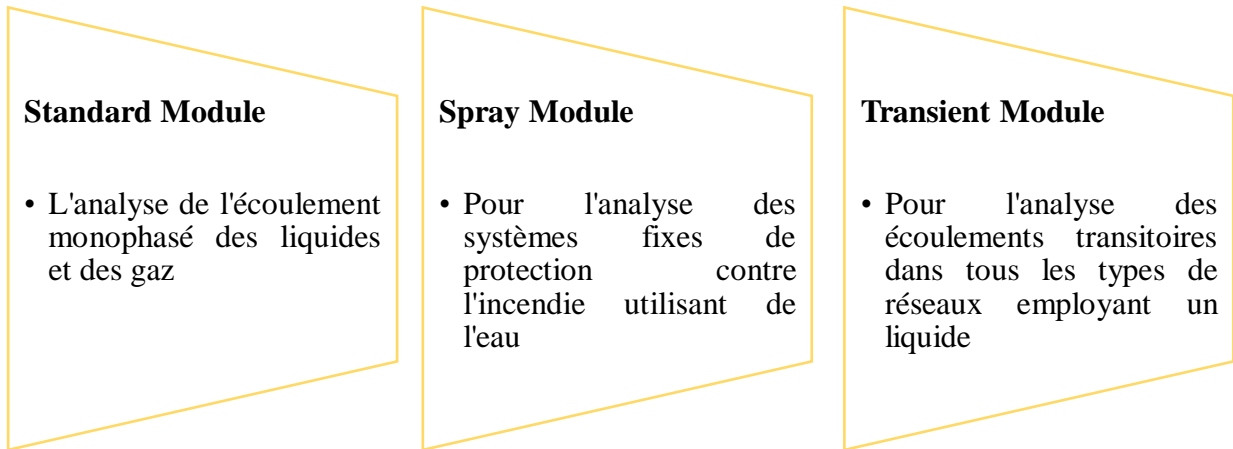
9. Avec un nouvel ensemble de débits présumés, répéter les étapes 4 à 7 jusqu'à ce que les valeurs de dp_f soient suffisamment faibles.

10. En phase de vérification finale, calculer la perte de pression par n'importe quel itinéraire, du nœud initial au nœud final. Un deuxième calcul le long d'un autre itinéraire devrait donner la même valeur de perte de pression dans la plage de précision attendue, généralement de l'ordre de (0,03 bar). [31]

6.3 Présentation de logiciel de calcul PIPENET 1.11.0

Pipenet est un logiciel développé par Applied Flow Technology (AFT) utilisé pour analyser et simuler des systèmes de tuyauterie, y compris les systèmes de lutte contre l'incendie. Il permet de modéliser des réseaux de tuyauterie complexes, d'analyser les débits, pressions et vitesses, et d'optimiser le dimensionnement des tuyaux, et garantir un approvisionnement en eau adéquat et une couverture efficace, et s'assurer de la conformité aux normes NFPA. [33]

Le logiciel comprend les modules suivants :



Pour le dimensionnement de système de sprinklers, nous allons sélectionner le *Spray module*, par la fenêtre illustrée dans la figure ci-dessous ;

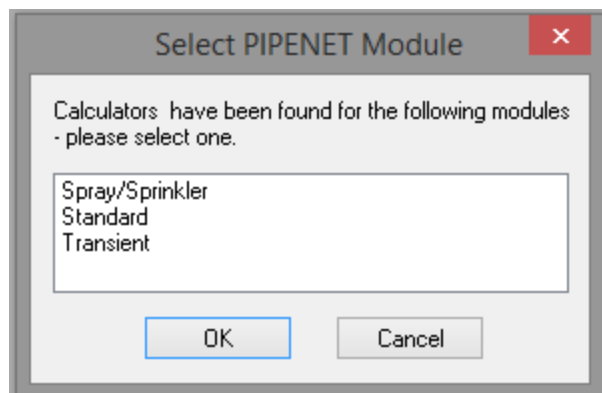


Figure 6-2 : Sélection du module *Spray/Sprinkler*.

6.4 Dimensionnement du système de sprinkler

6.4.1 La phase de design

Lors de la conception d'un réseau, il est généralement requis que la vitesse du fluide dans chaque tuyau ne dépasse pas une valeur donnée (appelée vitesse de conception du tuyau). La vitesse du fluide dans un tuyau dépend de : Le débit à travers le tuyau, le diamètre du tuyau. Il est donc important que tous les tuyaux soient dimensionnés correctement, de manière que la vitesse du fluide ne dépasse pas la vitesse de conception. Ce problème est abordé lors de la phase de conception de la simulation. Étant donné les débits requis à l'entrée et à la sortie du réseau,

PIPENET trouvera les diamètres optimaux pour chaque tuyau du réseau, de sorte que la vitesse du fluide ne dépasse pas la vitesse de conception.

Nous devons fournir le débit requis pour tous les sprinklers et pour tous les nœuds d'entrée/sortie sauf un dans le réseau. PIPENET peut ensuite trouver les débits requis dans tout le réseau, et ainsi calculer les diamètres optimaux pour les tuyaux. [33]

6.4.2 La phase d'analyse

Dans la phase d'analyse, tous les diamètres des tuyaux sont connus, soit définis par l'utilisateur, soit trouvés par PIPENET lors de la phase de conception. PIPENET simule le comportement du réseau sous des conditions de pression et de débit définies par l'utilisateur. Toutes les buses du réseau sont supposées se décharger à la pression atmosphérique. L'utilisateur doit fournir des débits et/ou des pressions à différents endroits du réseau en spécifiant la phase d'analyse (voir la section suivante). PIPENET calcule ensuite les pressions et les débits dans tout le réseau. [33]

La sélection de phase se fait à travers la barre d'outils illustrée dans la figure ci-dessous ;

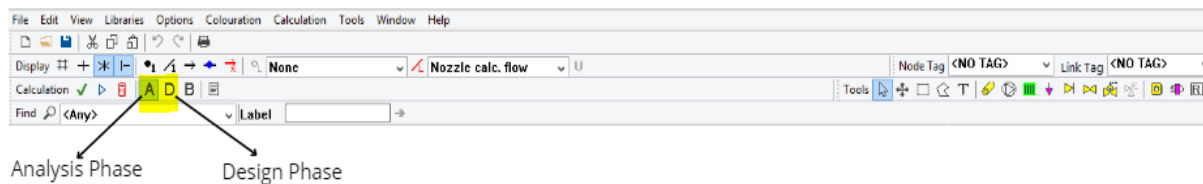


Figure 6-3 : Phase de conception et phase d'analyse.

A travers l'option **Libraries**, nous sélectionnons **Nozzles** et on spécifie les caractéristiques de sprinklers choisis, pour notre système, notant que les limites de pressions saisies sont exigées par la NFPA 13 :

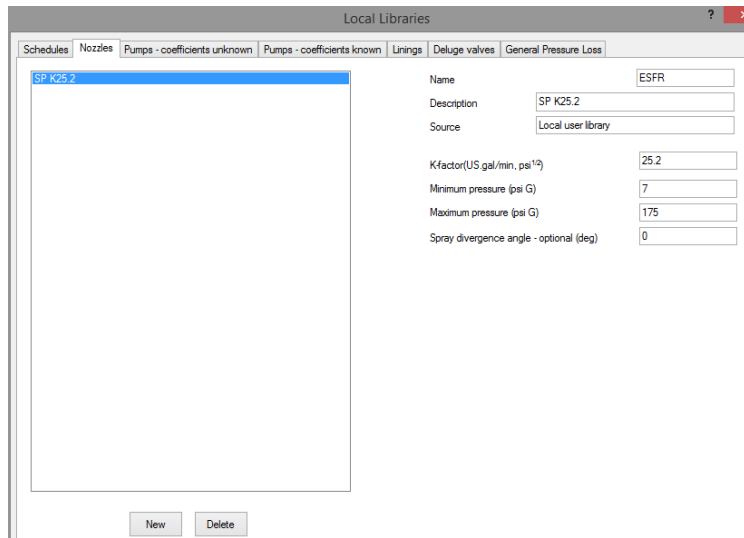


Figure 6-4 : Sprinkler spécifications.

De plus, nous importons de la bibliothèque le type de tuyau à travers l'option **Schedule**, tel que ;

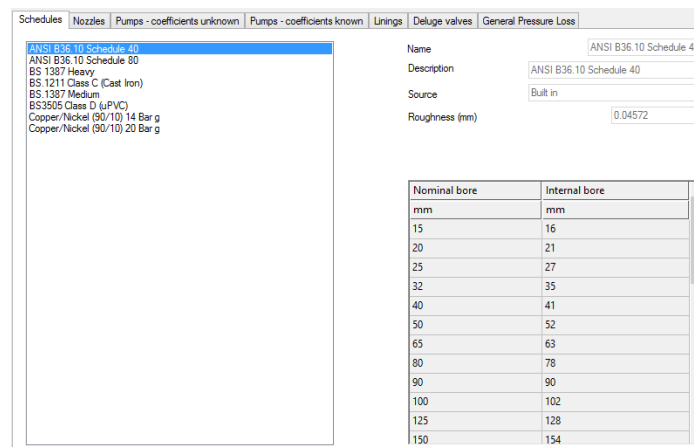


Figure 6-5 : Importation du type de tuyau utilisé ; acier nomenclature 40.

Ensuite nous introduisons la vitesse à laquelle les diamètres seront dimensionnés par le logiciel lors de la phase de conception, ainsi que le facteur C égale à 120, sélectionné d'après le Tableau 6-1 , en évitant les diamètres de 15 mm jusqu'à 25 mm conformément aux exigences de La NFPA 13.

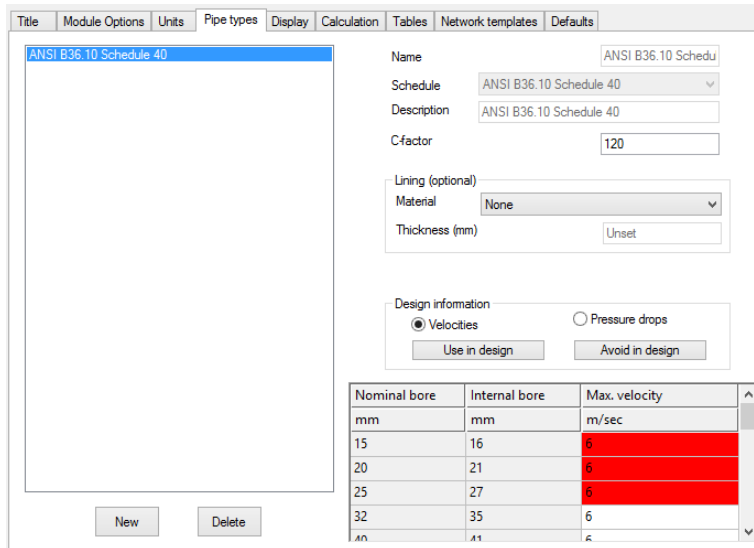


Figure 6-6 : La vitesse maximale d'écoulement

Dans cette étape, nous disposons des composants nécessaires pour modéliser les systèmes, Il nous reste simplement qu'introduire les spécifications pour chaque conduite, telles que ; la longueur, l'état et l'élévation. Quant aux sprinklers, nous devons spécifier le débit de décharge requis par sprinkler, comme illustré dans la figure ci-dessous. Ce débit est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$P = Q_s \times \sqrt{P}$$

Sachant que :

P : La pression au niveau de sprinkler [bar] ;

Q_s : Le débit délivré par un sprinkler [L/min] ;

K : Le facteur de décharge, en [L/min/ (bar)^{1/2}].

▼	Nozzle	
Label	83	
Input node	83	
Nozzle on	NO	▼
Nozzle type	ESFR	▼
Flowrate or Area	Flowrate	▼
Required flow rate	97.6	US.gal/min
K Factor	25.2	US.gal/min, ps
Min. Operating Pre...	7	psi G
Max. Operating Pre...	175	psi G
Spray angle	0	deg

Figure 6-7 : Débit requis par sprinkler.

Par la suite nous ajoutant les vannes et raccords par l'option **Fitting**, la figure ci-dessous montre un exemple de sélection d'un Té ;

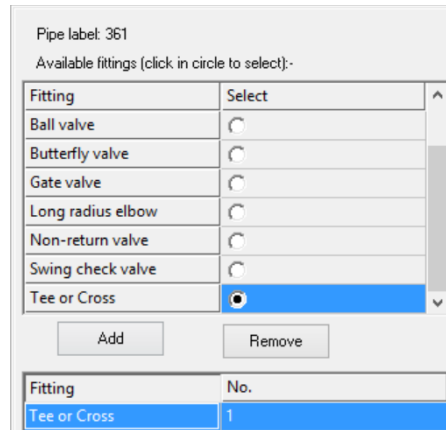


Figure 6-8 : Option Fitting.

Dans l'option **Calculate** nous choisissons les modèles de calculs suivant la NFPA dans **Module Options**, tel que ;

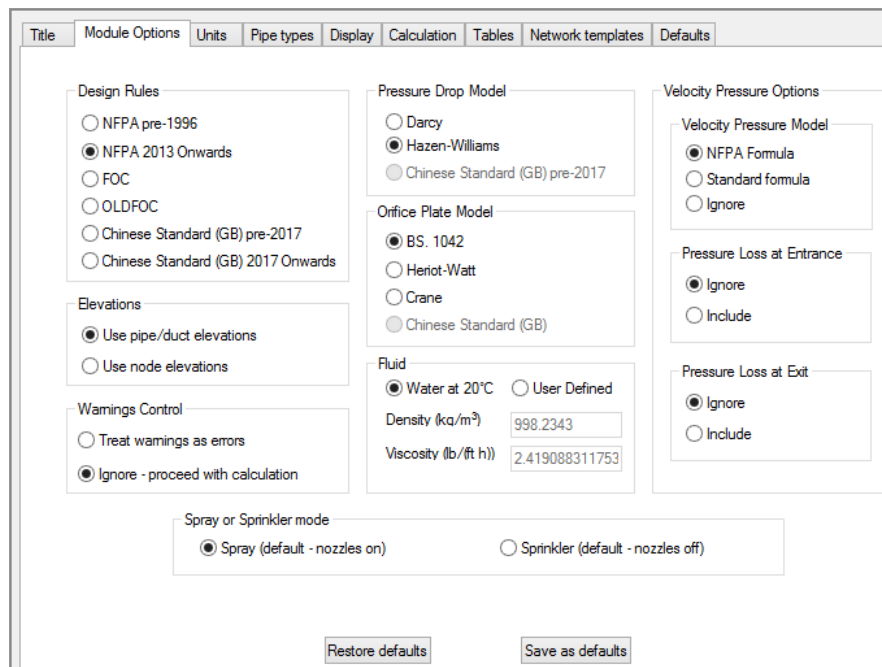


Figure 6-9 : Module Options

6.4.3 Détermination de la zone la plus défavorable

Pour déterminer la zone de 12 (douze) sprinklers, 4 (quatre) par chaque antenne, pour un système de sprinklers en configuration maillée, nous modélisons chaque système en mettant tous les

sprinklers dans l'état ouvert afin de déterminer l'emplacement de cette surface éloignée, y compris les sprinklers les plus défavorables de point de vue hydraulique.

Prenons l'exemple de premier système, la figure ci-dessous représente les pressions de décharge par chaque sprinkler du premier système, modulé par PIPENET ;

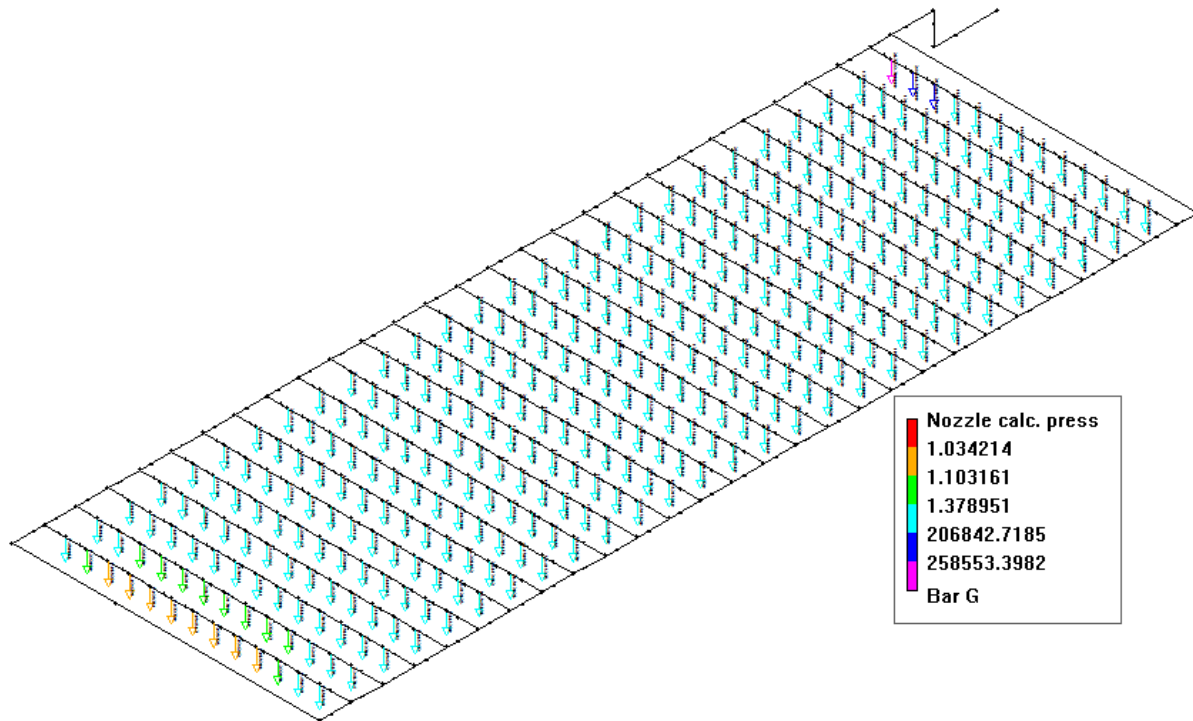


Figure 6-10: Pression de décharge

A travers cette résultats nous pouvons déterminer l'emplacement des sprinklers dont le calcul sera effectué,

Dans cette étape nous avons introduire tous les inputs nécessaires pour calculer les diamètres optimaux pour les systèmes à travers l'option *Pipe sizing* tel, que :

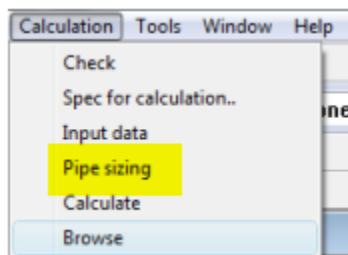


Figure 6-11: Option *Pipe sizing*.

Les résultats de dimensionnement des systèmes sont illustrés dans les figures ci-dessous ;

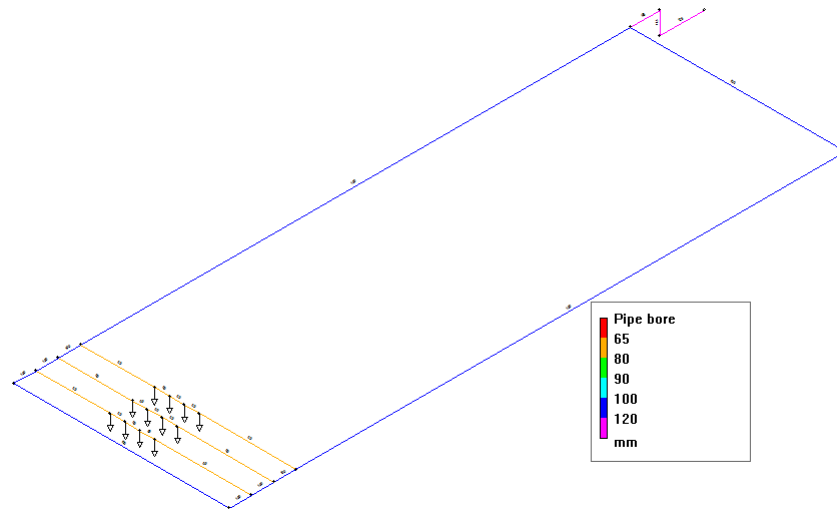


Figure 6-12: Dimensionnement premier système.

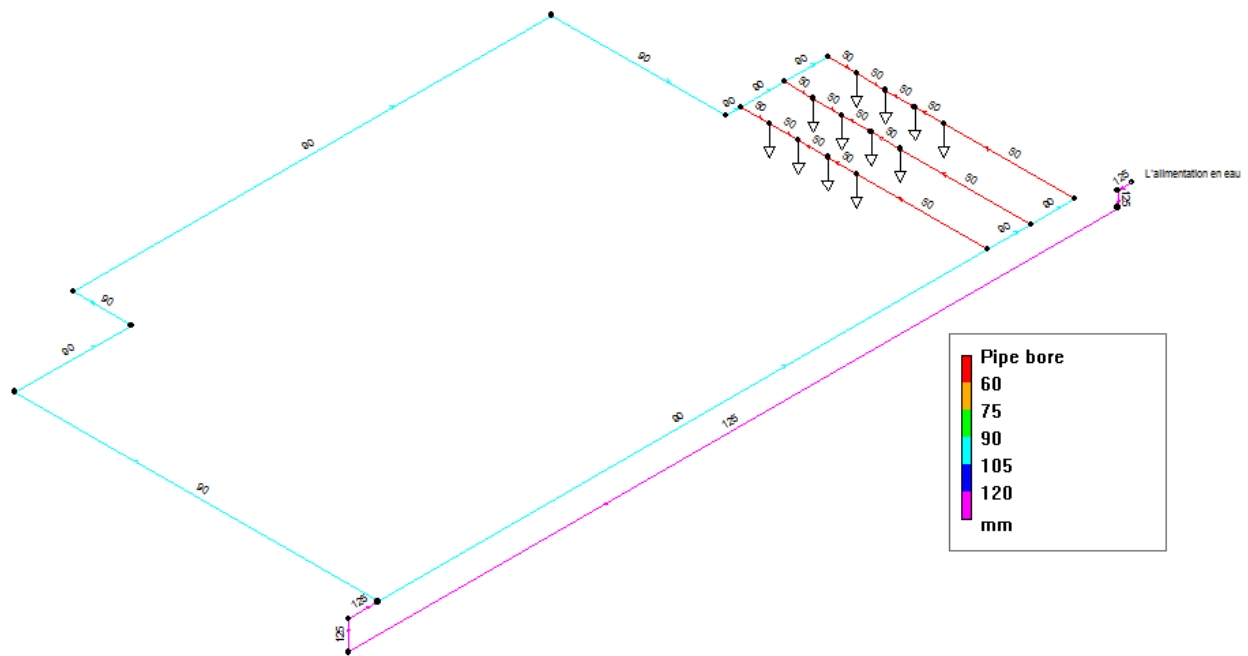


Figure 6-13: Dimensionnement deuxième système.

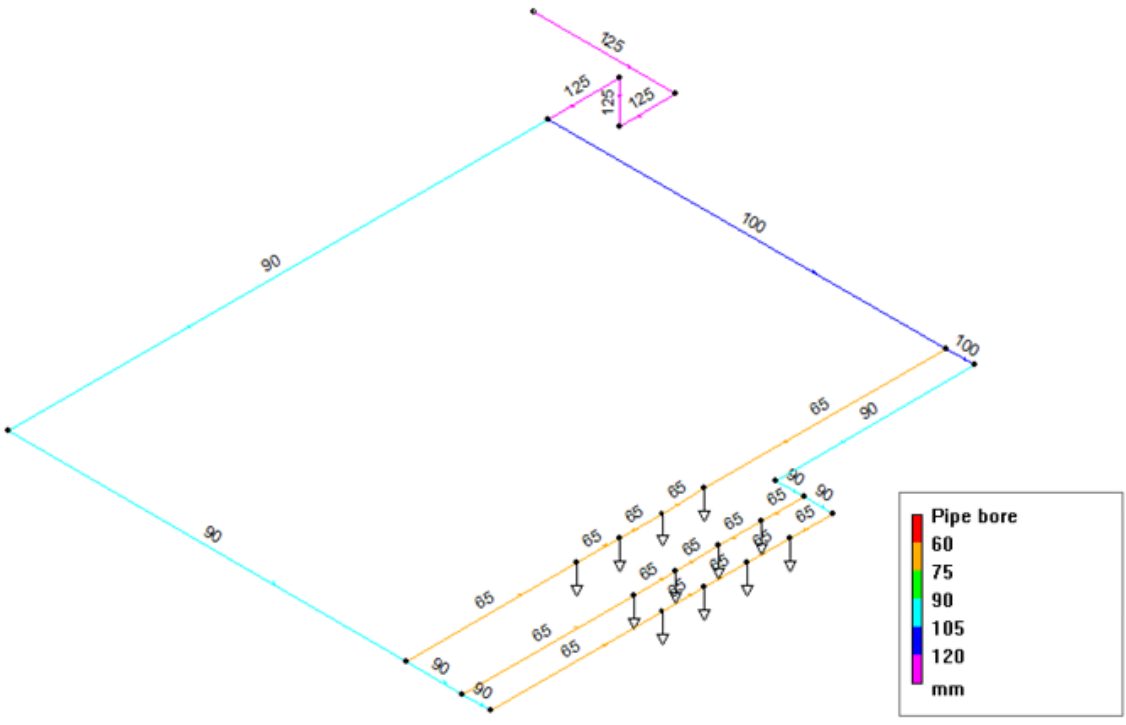


Figure 6-14: dimensionnement troisième système.

Passons maintenant à l'étape d'analyse pour le calcul de pression, de la vitesse dans les conduites, et du débit nécessaires pour les trois (3) systèmes de sprinklers.

Tableau 6-4: Résultats de calcul pour le premier système de sprinklers.

Nœud	Nœud entrant	Nœud sortant	Pression d'entrée	Pression de sortie	Perte de pression	Vitesse	Débit	Débit	Perte de charge Statique
			bar	bar	bar	m/sec	m3/h	L/min	bar
1	344	350	1.19599	1.22075	0.02476	-2	-21.71	- 361.827	0
2	358	364	1.127305	1.15287	0.025565	-2	-22.096	- 368.261	0
3	372	379	1.090265	1.119325	0.02906	-2.1	-23.685	- 394.755	0
4	365	1	1.623385	1.62325	0.000135	0.42	12.3536	205.893	0
5	1	2	1.62325	1.61279	0.01046	0.42	12.3536	205.893	0
6	388	2	1.612655	1.61279	0.000135	-0.42	-12.354	-205.89	0
296	337	338	1.786095	1.23014	0.555955	4.4	48.892	814.867	0
301	338	343	1.23014	1.196325	0.033815	2.3	25.6837	428.061	0
302	343	344	1.196325	1.19599	0.000335	0.19	2.11192	35.1986	0
309	351	352	1.663535	1.157095	0.50644	4.2	46.4849	774.749	0
314	352	357	1.157095	1.1274	0.029695	2.2	23.9578	399.296	0
315	357	358	1.1274	1.127305	9.50E-05	0.09	1.0446	17.4101	0
322	365	366	1.623385	1.114685	0.5087	3.9	43.7826	729.709	0
327	366	371	1.114685	1.090155	0.02453	1.9	21.5961	359.934	0
328	371	372	1.090155	1.090265	0.00011	-0.1	-1.1581	- 19.3025	0
376	350	386	1.22075	1.696895	0.476145	-4	-44.963	-749.39	0
377	364	387	1.15287	1.62291	0.47004	-4	-44.646	- 744.092	0
378	379	388	1.119325	1.612655	0.49333	-4.1	-45.849	- 764.151	0
385	239	386	3.198055	1.696895	1.50116	4.2	123.104	2051.74	0
386	386	387	1.696895	1.62291	0.073985	2.6	78.141	1302.35	0

387	387	388	1.62291	1.612655	0.010255	1.1	33.4728	557.88	0
411	323	337	3.991065	1.786095	2.20497	5.1	151.536	2525.6	0
412	337	351	1.786095	1.663535	0.12256	3.5	102.644	1710.73	0
413	351	365	1.663535	1.623385	0.04015	1.9	56.1589	935.981	0
415	390	389	5.610775	4.01044	0.6605591	5.9	274.64	4577.34	0.9397759
416	391	390	5.878065	5.610775	0.26729	5.9	274.64	4577.34	0
417	323	239	3.991065	3.198055	0.79301	4.2	123.104	2051.74	0
419	389	323	4.01044	3.991065	0.019375	5.9	274.64	4577.34	0

Tableau 6-5 : Résultats de calcul pour le deuxième système de sprinklers

Nœud	Nœud entrant	Nœud sortant	Pression d'entrée	Pression de sortie	Perte de pression	Vitesse	Débit	Débit	Perte de charge Statique
			bar	bar	bar	m/sec	m3/h	L/min	bar
4	180	184	1.259485	1.151735	0.10775	3.9	30.1118688	501.86448	0
5	184	185	1.151735	1.143505	0.00823	0.96	7.493904	124.8984	0
6	185	186	1.143505	1.176185	0.03268	-2	-15.805325	-263.42208	0
10	173	177	1.280425	1.171085	0.10934	3.9	30.3616656	506.02776	0
11	177	178	1.171085	1.16275	0.008335	0.97	7.5393216	125.65536	0
12	178	179	1.16275	1.19599	0.03324	-2	-15.941578	-265.69296	0
16	166	170	1.39498	1.276955	0.118025	4.1	31.6333584	527.22264	0
17	170	171	1.276955	1.26806	0.008895	1	7.8118272	130.19712	0
18	171	172	1.26806	1.30434	0.03628	-2.1	-16.713677	-278.56128	0
184	187	166	2.70673	1.39498	1.31175	7.1	54.9780048	916.30008	0
185	201	173	2.494015	1.280425	1.21359	6.8	52.7071248	878.45208	0
186	202	180	2.45509	1.259485	1.195605	6.7	52.2756576	871.26096	0
200	187	201	2.70673	2.494015	0.212715	4.6	104.982782	1749.71304	0
201	201	202	2.494015	2.45509	0.038925	2.3	52.2756576	871.26096	0
202	203	187	5.264285	2.70673	2.557555	7	159.960787	2666.01312	0
218	217	218	3.726605	3.469525	0.25708	5.1	117.041155	1950.68592	0

219	218	206	3.469525	2.23882	1.230705	5.1	117.041155	1950.68592	0
230	219	172	1.43915	1.30434	0.13481	5.2	40.30812	671.802	0
231	220	179	1.32006	1.19599	0.12407	4.9	38.5368336	642.28056	0
232	221	186	1.298275	1.176185	0.12209	4.9	38.1962016	636.60336	0
233	219	220	1.43915	1.32006	0.11909	3.3	76.7330352	1278.88392	0
234	220	221	1.32006	1.298275	0.021785	1.7	38.1962016	636.60336	0
235	222	219	1.61528	1.43915	0.17613	5.1	117.041155	1950.68592	0
236	206	222	2.23882	1.61528	0.62354	5.1	117.041155	1950.68592	0
238	224	217	4.0839	3.726605	0.357295	5.1	117.041155	1950.68592	0
239	203	224	5.264285	4.0839	1.180385	5.1	117.041155	1950.68592	0
240	227	225	6.488035	5.278345	0.2699141	6	276.979234	4616.32056	0.9397759
241	225	203	5.278345	5.264285	0.01406	6	276.979234	4616.32056	0
243	228	227	9.402522	6.488035	2.914488	6	276.979234	4616.32056	0
244	229	228	9.435583	9.402522	0.1309533	6	276.979234	4616.32056	- 0.0978933
245	230	229	9.55248	9.435583	0.1168975	6	276.979234	4616.32056	0

Tableau 6-6: Résultats de calcul pour le troisième système de sprinklers

Nœud	Nœud entrant	Nœud sortant	Pression d'entrée	Pression de sortie	Perte de pression	Vitesse	Débit	Débit	Perte de charge Statique
			bar	bar	bar	m/sec	m3/h	L/min	Bar
127	73	88	1.9746	1.246815	0.727785	5	55.4548896	924.24816	0
128	88	103	1.246815	1.195005	0.05181	2.9	32.36004	539.334	0
129	103	118	1.195005	1.190185	0.00482	0.81	8.969976	149.4996	0
130	118	126	1.190185	1.202395	0.01221	-1.3	-14.806138	-246.76896	0
131	192	200	1.909195	1.5672	0.341995	4.9	113.226077	1887.10128	0
134	169	170	1.16297	1.105505	0.057465	3.1	34.2221616	570.36936	0
135	170	171	1.105505	1.097485	0.00802	1.1	11.808576	196.8096	0
136	171	175	1.097485	1.104555	0.00707	-0.99	-11.036477	-183.94128	0

137	176	177	1.205565	1.14802	0.057545	3.1	34.2448704	570.74784	0
138	177	178	1.14802	1.14052	0.0075	1	11.3771088	189.61848	0
139	178	182	1.14052	1.148645	0.008125	-1.1	-11.899411	-198.32352	0
149	126	153	1.202395	1.468985	0.26659	-3.4	-38.128075	-635.46792	0
151	182	101	1.148645	1.37322	0.224575	-3.1	-34.744464	-579.0744	0
189	73	192	1.9746	1.909195	0.065405	3.8	113.226077	1887.10128	0
192	175	193	1.104555	1.347575	0.24302	-3	-33.472771	-557.87952	0
206	153	101	1.468985	1.37322	0.095765	3	68.2172352	1136.95392	0
207	101	193	1.37322	1.347575	0.025645	1.5	33.4727712	557.87952	0
208	194	73	3.599065	1.9746	1.624465	5.7	168.658258	2810.97096	0
209	195	153	2.651635	1.468985	1.18265	4.6	106.322602	1772.04336	0
210	194	195	3.599065	2.651635	0.94743	4.6	106.322602	1772.04336	0
211	196	194	3.836555	3.599065	0.23749	5.9	275.003568	4583.3928	0
212	197	196	5.4385	3.836555	0.6621691	5.9	275.003568	4583.3928	0.9397759
213	198	197	5.70644	5.4385	0.26794	5.9	275.003568	4583.3928	0
214	199	198	6.964835	5.70644	1.258395	5.9	275.003568	4583.3928	0
215	200	201	1.5672	1.35248	0.21472	4.9	113.226077	1887.10128	0
216	201	202	1.35248	1.30771	0.04477	2.5	56.3859504	939.76584	0
217	202	169	1.30771	1.16297	0.14474	5.1	56.3859504	939.76584	0
218	201	176	1.35248	1.205565	0.146915	5.1	56.8401264	947.33544	0

Les schémas suivants représentent la variation de la vitesse à travers les systèmes ;

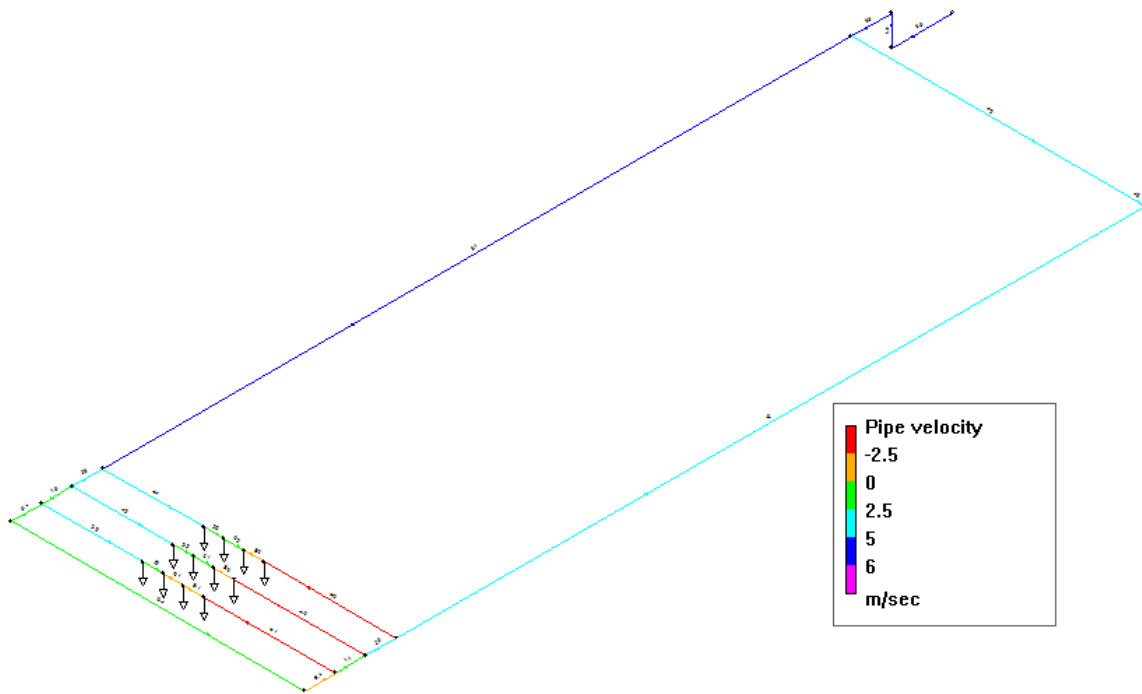


Figure 6-15 : Vitesse d'écoulement de l'eau à travers le premier système.

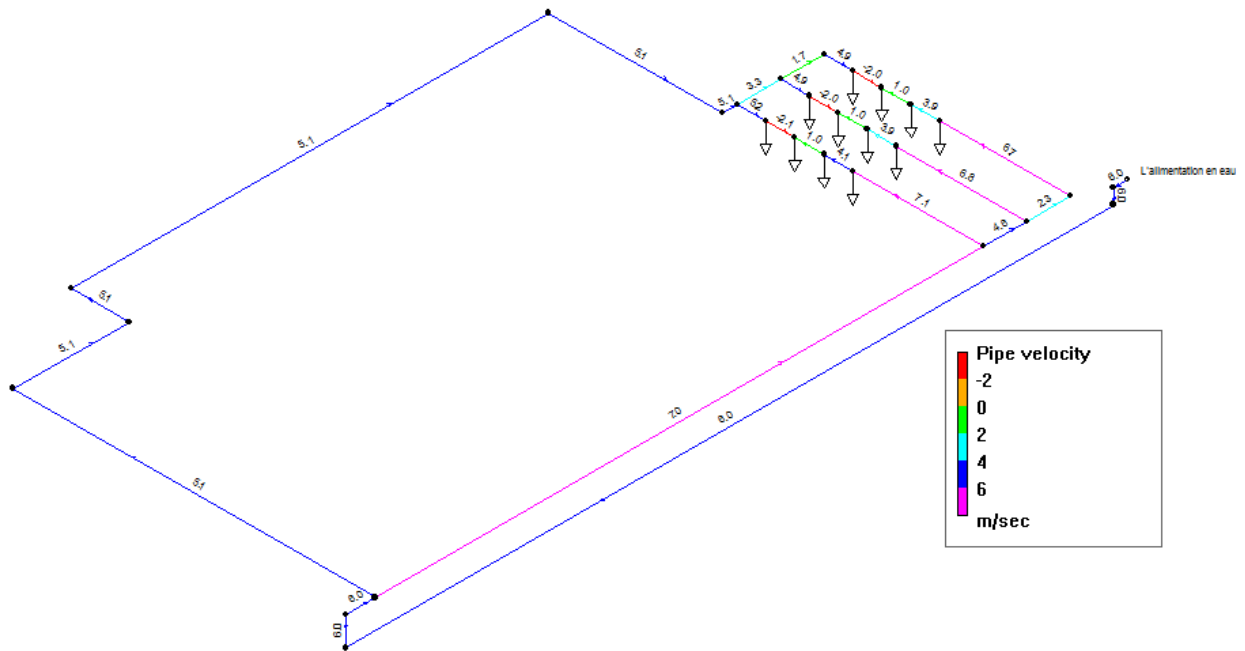


Figure 6-16: Vitesse d'écoulement de l'eau à travers le deuxième système

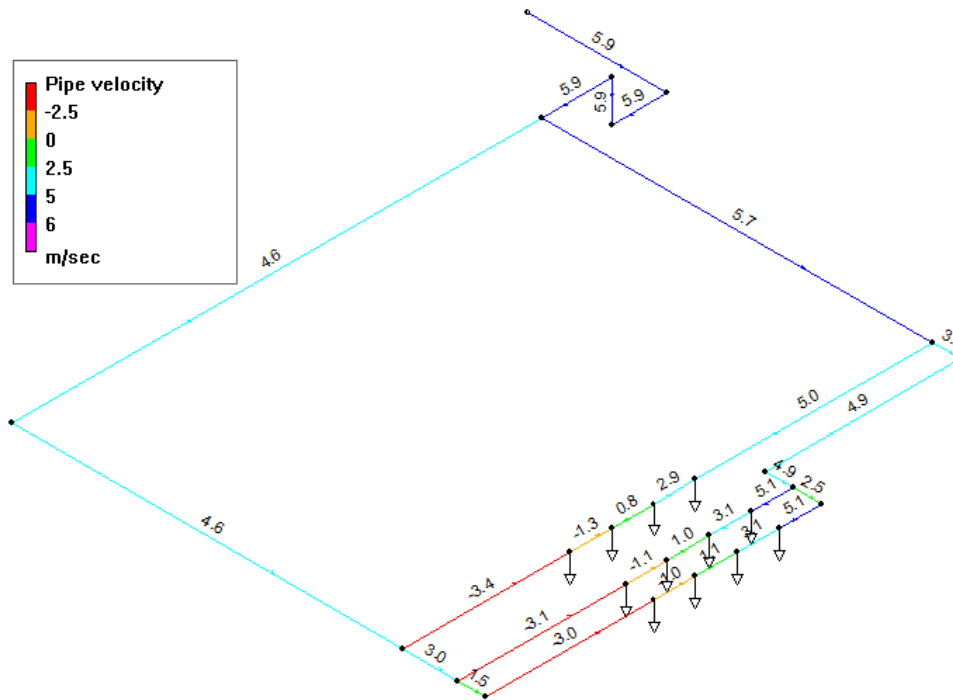


Figure 6-17: Vitesse d'écoulement de l'eau à travers le troisième système

6.4.4 Interprétation des résultats de la vitesse d'écoulement

En analysant les résultats de la vitesse d'écoulement de l'eau à travers les systèmes, nous constatons que nous avons respecté la limite de vitesse d'écoulement. La vitesse d'écoulement est un paramètre important à prendre en compte lors de la conception des systèmes de sprinklers, car les vitesses excessives peuvent entraîner des problèmes tels que la turbulence, la perte de charge excessive et une mauvaise distribution de l'eau.

En contrôlant les résultats de la simulation, nous avons pu ajuster les diamètres des conduites et les paramètres de pression afin de maintenir la vitesse d'écoulement de l'eau dans les limites acceptables. Cela garantit un fonctionnement efficace.

6.4.5 Interprétation des résultats des pression de décharge

Le plus important est de respecter la pression minimale de décharge requise à travers le sprinkler le plus éloigné, conformément aux exigences de la NFPA 13 (1bar). Les schémas suivants représentent les pressions de décharge à travers les douze sprinklers, la surface impliquée (la zone la plus exigeantes de point de vue hydraulique). Ces calculs sont effectués afin de vérifier si les pressions de décharge respectent les critères établis par la norme NFPA 13.

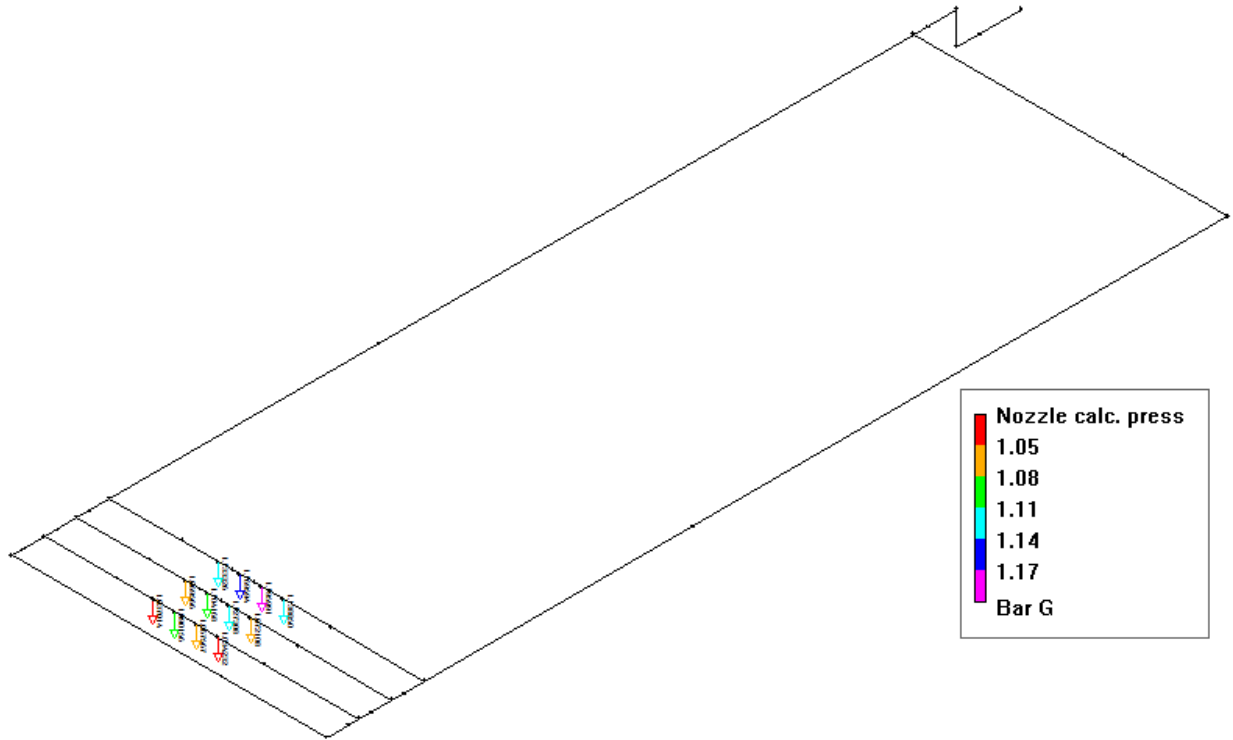


Figure 6-18: Pression de décharge à travers les sprinklers de la surface impliquée (premier système).

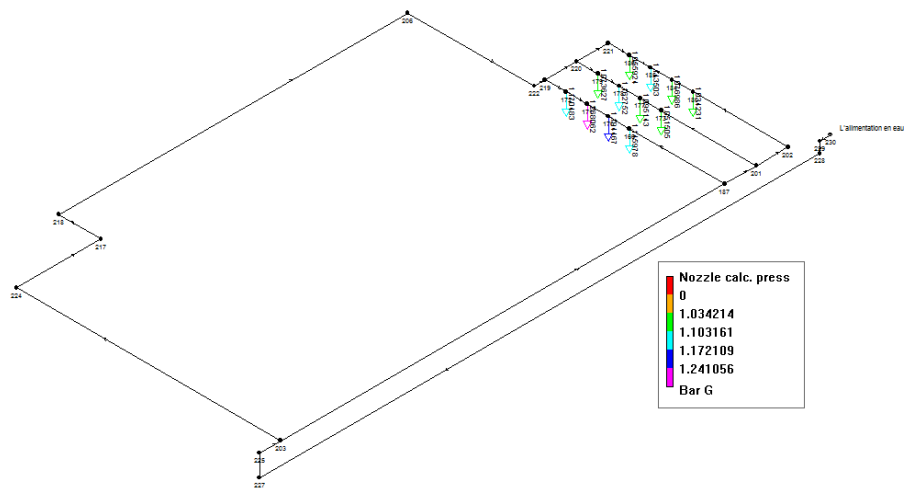


Figure 6-19: Pression de décharge à travers les sprinklers de la surface impliquée (deuxième système).

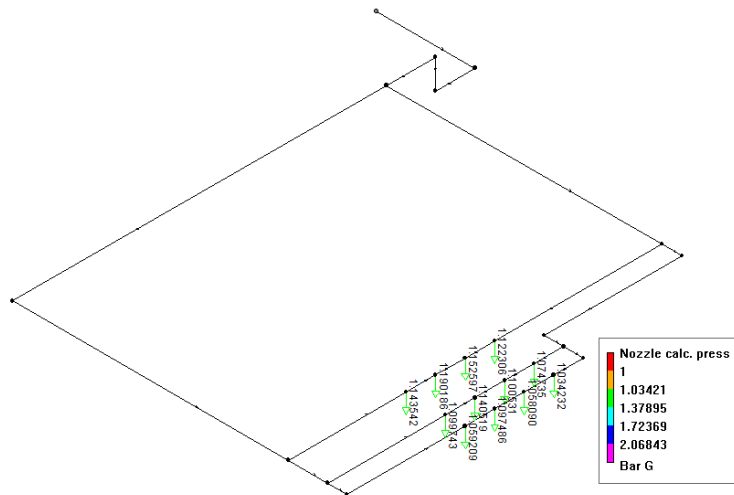


Figure 6-20: Pression de décharge à travers les sprinklers de la surface impliquée (troisième système).

En évaluant les résultats de calcul des pressions de décharge à travers les sprinklers, nous constatons que nous avons garanti le respect de la pression de service minimale de 1bar exigé par la norme NFPA 13, on s’assure que les sprinklers peuvent délivrer le débit d’eau nécessaire pour contrôler et éteindre un incendie.

6.4.6 Pression totale et quantité d’eau nécessaires pour les systèmes de sprinklers

La NFPA 13, exige une réserve d’eau pour une durée d’approvisionnement de 60 min pour un système de sprinkler comprenant un type ESFR. Le tableau ci-dessous résume les résultats de calculs de pression et quantité d’eau pour les trois (3) systèmes de sprinkler ;

Tableau 6-7: Résultats de calculs

Système	Débit totale d'eau nécessaire [m ³ /h]	Durée d'approvisionnement [min]	Quantité d'eau Nécessaire [m ³]	Pression totale [bar]
1	274.64	60	274.64	5.874
2	276.979234		276.979234	9.545
3	275.003568		275.003568	6.96

La réserve d'eau doit être en mesure de répondre aux besoins de la zone la plus exigeante des systèmes sur le plan hydraulique. Si la taille d'un bâtiment exige qu'il soit équipé de trois systèmes d'arrosage distincts, il n'est pas nécessaire que chaque système soit raccordé à sa propre

alimentation en eau. Au lieu de cela, l'alimentation en eau doit être capable de satisfaire la demande de la zone la plus exigeante d'un point de vue hydraulique.

La norme NFPA 13 part du principe qu'un seul incendie se déclare dans un bâtiment à un moment donné et que le système de sprinklers permet de maîtriser l'incendie avant qu'il ne se propage aux parties adjacentes du bâtiment.[13]

A la fin on peut dire que la demande en eau pour les systèmes de sprinkler est de $276.98 m^3$, avec une pression de 9.545 bars.

6.5 Dimensionnement de système des robinets d'incendie armés (R.I.A)

6.5.1 La phase de design

La NFPA 14 n'exige pas de valeur maximale de vitesse dans le réseau, nous nous baserons donc sur la vitesse maximale requise par la APSA R5, qui stipule que la vitesse d'écoulement ne doit pas dépasser 3 m/s.

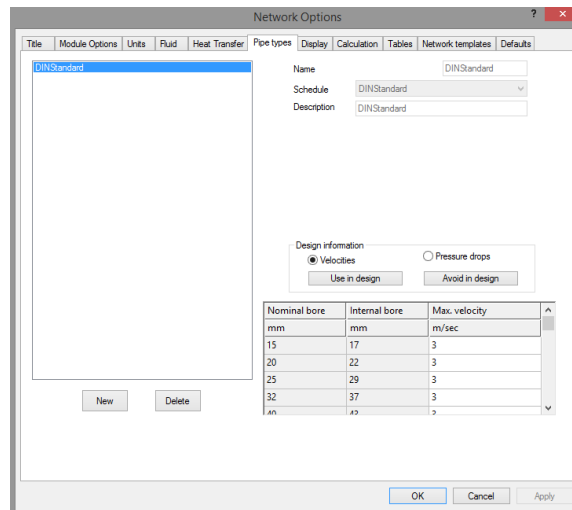


Figure 6-21 : Vitesse maximale de design des R.I.A.

Les résultats de la phase de design de dimensionnement des diamètres des conduites, en fonction de cette vitesse, réalisés par le logiciel Pipenet, sont illustrés dans la figure ci-dessous :

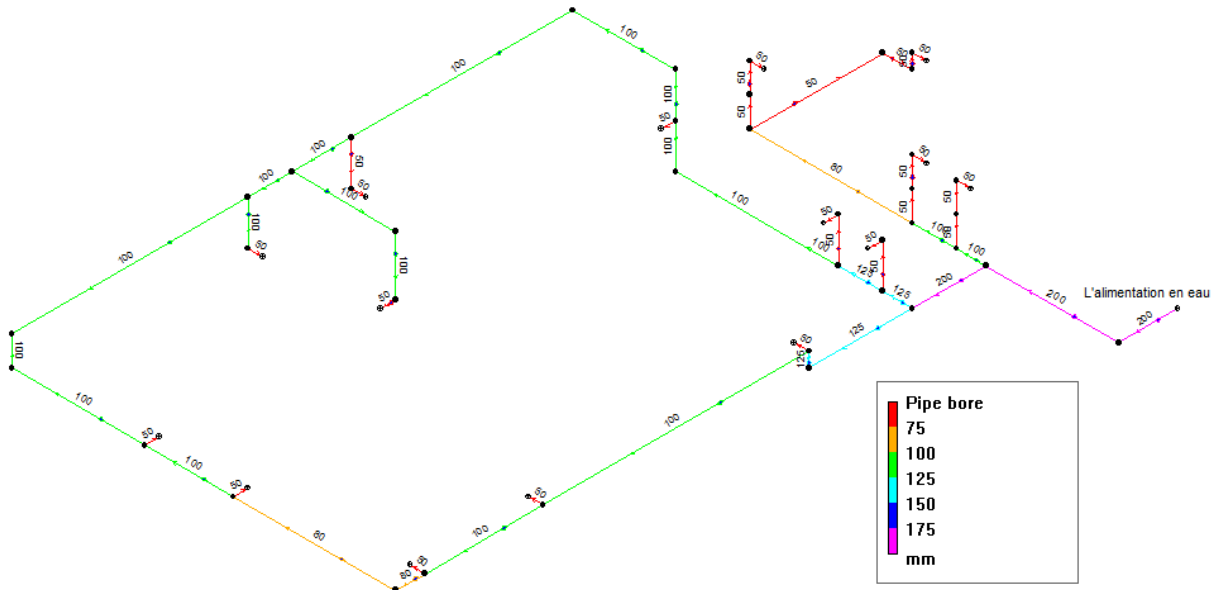


Figure 6-22: Dimensionnement du système de R.I.A.

6.5.2 La phase d'analyse

Dans cette phase de calcul, nous procédons désormais à la détermination de la pression et du débit dans le réseau, en se basant sur les spécifications requises par la NFPA 14. Le tableau ci-dessous représente les résultats du calcul.

Tableau 6-8: Résultats du calcul pour le réseau R.I.A.

Nœud	Nœud entrant	Nœud sortant	Pression d'entrée	Pression de sortie	Perte de pression	Vitesse	Débit	Perte de charge Statique
			Bar	Bar	Bar	m/sec	L/min	Bar
1	1	42	5.3845938	5.1364	0.001386875	1.0647956	341.464145	0.24472576
2	2	20	4.9778456	4.6993625	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.24472576
3	3	43	4.4881294	4.4490494	0.001386875	1.0647956	341.464145	0
4	38	16	5.50713	5.4872194	0.002216953	1.8525093	1513.91997	0
5	29	28	5.4692925	5.2234612	0.000198984	0.50842178	415.49584	0.24472576
6	50	48	4.9770906	4.3406062	2.52E-05	0.11542733	37.0158331	0.63628699
7	48	34	4.3406062	4.3400794	2.52E-05	0.11542733	37.0158331	0
8	39	9	4.9777788	4.9776438	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
9	16	51	5.4872194	5.4566162	0.003404063	2.0324514	1098.42413	0
10	37	11	5.0901619	5.0356256	0.002002422	1.2956504	415.49584	0
13	16	29	5.4872194	5.4692925	0.000549141	0.76880598	415.49581	0
14	38	54	5.50713	5.2991825	0.006287188	2.8012574	1513.91997	0
15	49	2	5.1795294	4.9778456	0.006236875	2.360446	756.959981	0
16	2	10	4.9778456	4.8532844	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
17	10	31	4.8532844	4.7997475	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
19	36	14	4.4292431	4.3846612	0.001386875	1.0647956	341.464145	0
20	20	19	4.6993625	4.2883569	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.34261605
22	19	22	4.2883569	4.2882219	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
23	18	23	4.500135	4.5	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
25	24	25	4.4900412	4.4899062	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
26	49	26	5.1795294	4.9010469	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.24472576
28	30	32	5.1590075	5.1005594	0.002002422	1.2956504	415.49584	0
29	31	18	4.7997475	4.500135	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.24472576
30	32	37	5.1005594	5.0901619	0.002002422	1.2956504	415.49584	0
32	11	39	5.0356256	4.9777788	0.002002422	1.2956504	415.49584	0

34	26	24	4.9010469	4.4900412	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.34261605
36	43	36	4.4490494	4.4292431	0.001386875	1.0647956	341.464145	0
38	14	34	4.3846612	4.3400794	0.001386875	1.0647956	341.464145	0
39	28	30	5.2234612	5.1590075	0.002002422	1.2956504	415.49584	0
40	34	35	4.3400794	4.961795	0.001681094	1.180223	378.479992	- 0.63628699
41	42	3	5.1364	4.4881294	0.001386875	1.0647956	341.464145	0.63628699
42	40	38	5.5488375	5.50713	0.003194063	2.5323887	3027.84016	0
43	35	44	4.961795	4.96166	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
44	41	40	5.572885	5.5488375	0.003194063	2.5323887	3027.84016	0
45	45	1	5.4216306	5.3845938	0.001386875	1.0647956	341.464145	0
46	45	46	5.4216306	5.1220181	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.24472576
47	46	47	5.1220181	5.1218831	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
49	39	50	4.9777788	4.9770906	2.52E-05	0.11542733	37.0158331	0
51	51	45	5.4566162	5.4216306	0.001530469	1.3321371	719.944168	0
52	51	52	5.4566162	5.1570038	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.24472576
53	52	53	5.1570038	5.1568688	0.013502734	2.7044499	378.479964	0
54	54	49	5.2991825	5.1795294	0.003625938	2.1009431	1135.44	0
55	54	55	5.2991825	5.0207	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.24472576
56	55	56	5.0207	4.6308244	0.013502734	2.7044499	378.479964	0.34261605
57	56	57	4.6308244	4.6306894	0.013502734	2.7044499	378.479964	0

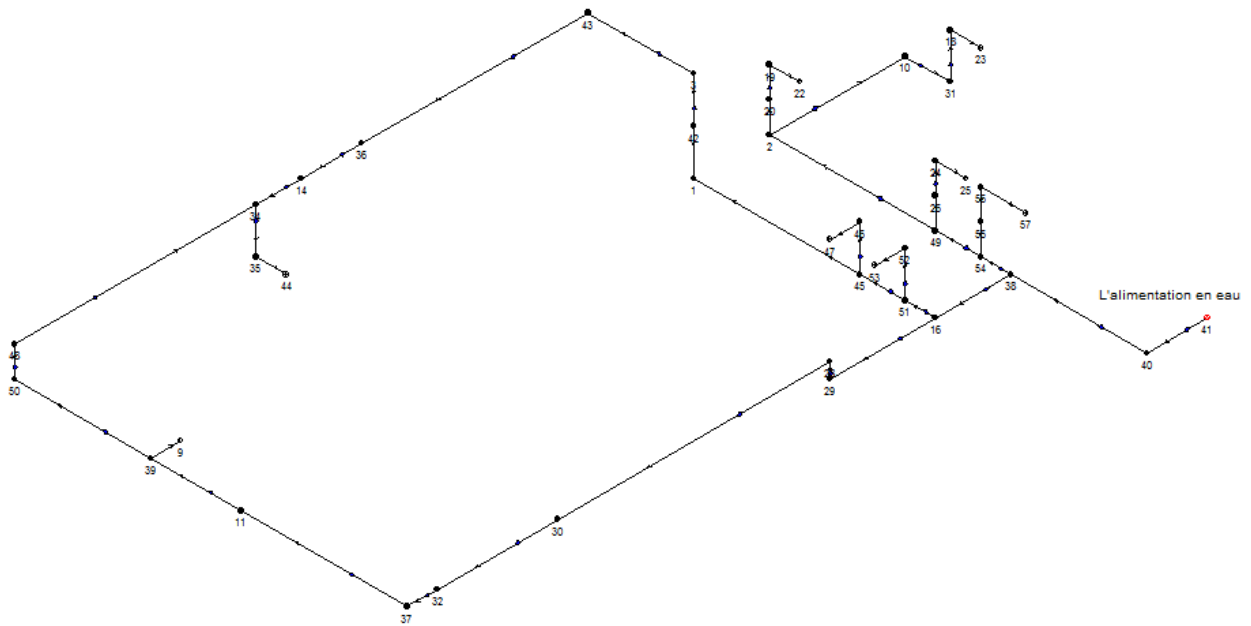


Figure 6-23 : Numérotation des nœuds correspondant aux résultats de calcul.

6.5.3 Interprétation des résultats de la vitesse d'écoulement

La figure ci-dessous indique la vitesse d'écoulement au niveau de chaque conduite du réseau ;

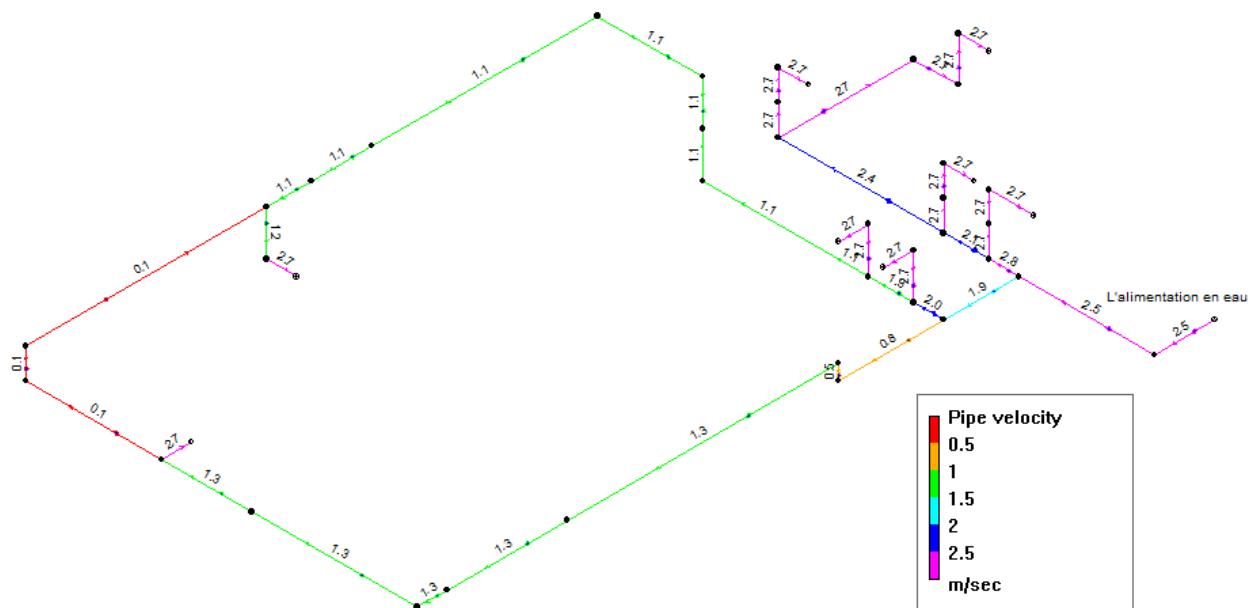


Figure 6-24: Résultats de la vitesse d'écoulement.

Les résultats de vitesse indiqués correspondent aux différentes valeurs de la vitesse simulées aux différentes conduites du système. Ces résultats de vitesse, se trouvent dans les limites acceptables de la vitesse maximale de 3 m/s. Tels que :

- La vitesse maximale enregistrée est de 2.7 m/s, ce qui est inférieur à la limite acceptable de 3 m/s.
- Globalement les valeurs de la vitesse se situent entre 0.1 m/s et 2.7 m/s, ce qui est conforme aux limites acceptables.

6.5.4 Interprétation des résultats de pression

La figure ci-dessous indique la pression au niveau de chaque nœud du réseau ;

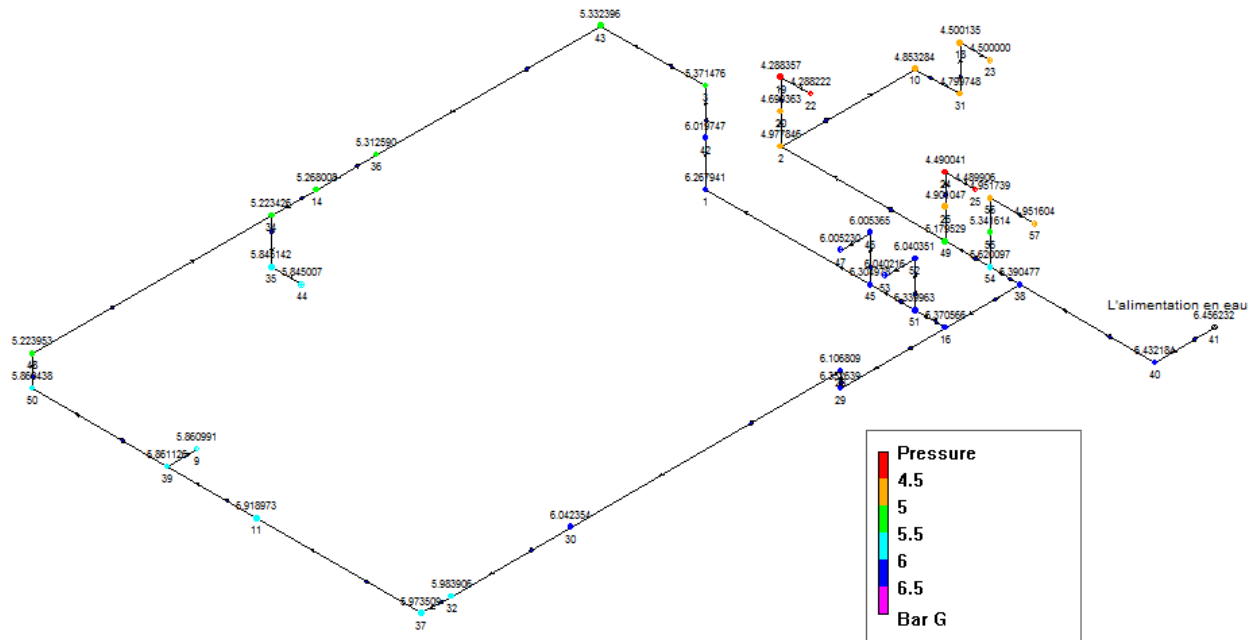


Figure 6-25: Résultats de pression

Les résultats de pression indiqués correspondent aux différentes valeurs de pression simulées aux différents robinets du système. Ces résultats, de pression se situent dans les limites acceptables de 4.5 bars (minimum) à 6.9 bars (maximum). Tels que :

- La pression minimale enregistrée est de 4.5 bars, ce qui est supérieur à la limite acceptable de 4,5 bars.

- La pression maximale enregistrée est de 6.040216 bars, ce qui est inférieur à la limite acceptable de 6.9 bars.
- La plupart des valeurs de pression se situent entre 4.5 bars et 5.5 bars, ce qui est conforme aux limites acceptables.

6.5.5 Pression totale et quantité d'eau nécessaires pour le système de R.I.A

Le nœud « 41 », qui correspond au point l'alimentation en eau à fournie par la pompe, présente une pression requise de **5.57 bars** et un débit requis de **181,62 m³/h**. Cela est illustré dans la figure ci-dessous ;

Node	
Label	41
Elevation	-1 m
Input/Output node	Input
Analysis Spec.	NO
Results	
Pressure	5.572885 Bar G
Flow Rate	799.999982 US.gal/min

Figure 6-26: Caractéristiques requis

Selon la NFPA 14, le temps d'approvisionnement requis est de 30 minutes, ce qui signifie qu'une quantité d'eau de **90.8184 m³** est nécessaire.

6.6 Dimensionnement du système de poteaux incendie

6.6.1 Le débit de décharge de chaque poteau

Le débit de décharge par chaque poteau d'incendie est calculé par cette formule :

$$Q_p = \frac{Q_i}{N_p}$$

Tel que ;

Q_p : le débit de décharge par chaque poteau incendie.

Q_i : le débit d'incendie.

N_p : le nombre de poteaux incendie.

Le débit de décharge de chaque poteau incendie est de 63.8685 m³/h, ce qui correspond à un

poteau incendie de diamètre nominal de **DN-100**.

6.6.2 Phase de design

En respectant les exigences de limitation de la hauteur du centre de décharge du poteau incendie par rapport au niveau du sol, nous avons choisi une élévation de 0.5m. La figure ci-dessous, issue de simulation de l'installation des poteaux incendie, illustre cette configuration.

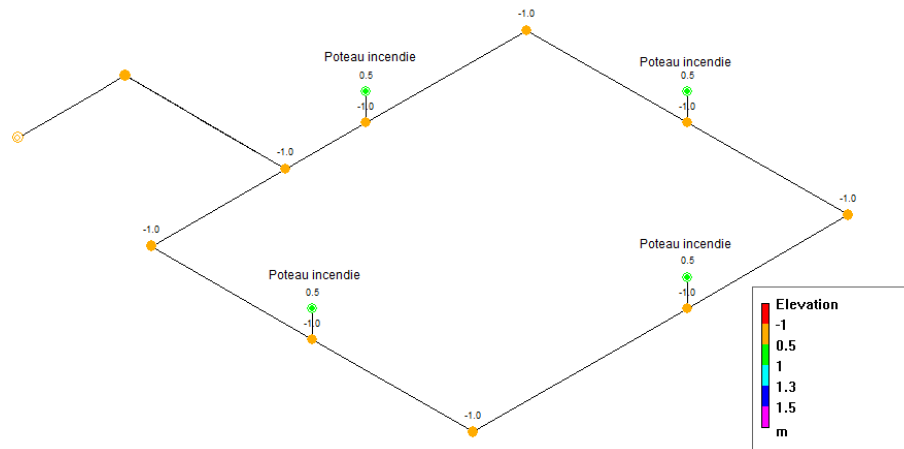


Figure 6-27: Elévation du centre de décharge de poteaux incendie

La vitesse de 3,0 m/s a été choisie pour le dimensionnement des conduites de l'installation, car des études ont démontré que cette vitesse est suffisante pour éliminer les matériaux ou les obstacles présents dans les tuyaux lors du test hydraulique du réseau des poteaux incendie. [23]

La figure ci-dessous représente les résultats du dimensionnement des diamètres des conduites du réseau des poteaux incendie, étant donné que ces derniers sont de type DN-100, obtenus à l'aide du logiciel **Pipenet**.

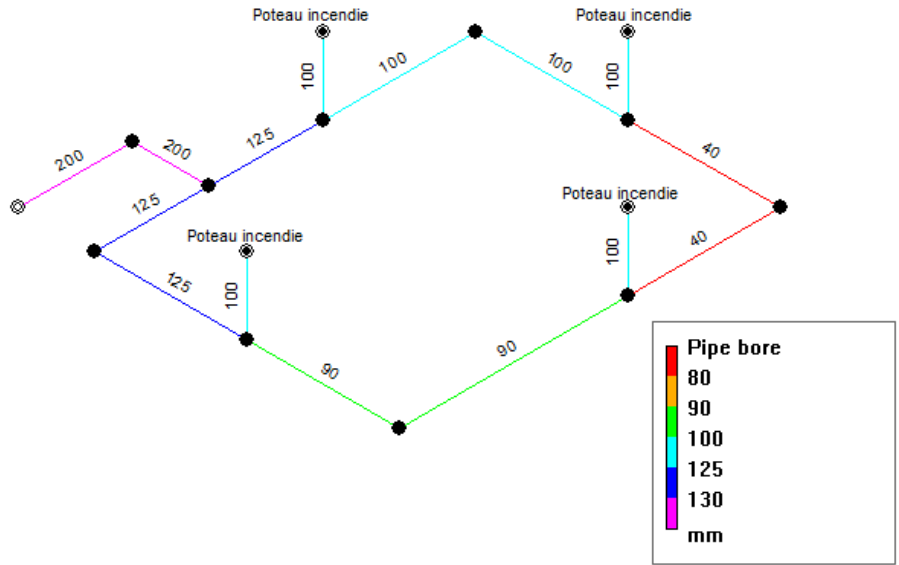


Figure 6-28: dimensionnement de réseau des poteaux d'incendie.

6.6.3 Phase d'Analyse

Dans cette phase, nous allons simuler les pressions et débits dans le réseau de poteaux incendie en respectant les spécifications de débit de décharge de $63.8685 \text{ m}^3/h$ par chaque poteau incendie et la pression minimale requise de 1.4 bar au niveau du poteau le plus défavorable du point de vue hydraulique. Le tableau ci-dessous représente les résultats du calcul hydraulique.

Tableau 6-9: : Résultats de calcul hydraulique poteaux incendie.

Nœud	Nœud Entrant	Nœud Sortant	Diamètre de conduite	Pression d'entrée	Pression de sortie	Perte de pression	Perte de charge statique	Débit	Débit	Vitesse d'écoulement
			[mm]	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]	[L/min]	[m ³ /h]	[m/s]
1	1	2	100	2.456525	2.038355	0.41817	0	1146.701336	68.80208013	2.3273826
2	2	3	40	2.038355	1.77562	0.262735	0	82.22631966	4.933579179	1.0412241
3	3	4	40	1.77562	1.555245	0.220375	0	82.22631966	4.933579179	1.0412241
4	5	4	90	2.04161	1.555245	0.486365	0	982.2486152	58.93491691	2.566895
5	6	5	90	2.61726	2.04161	0.57565	0	982.2486152	58.93491691	2.566895
6	7	6	125	3.027205	2.61726	0.409945	0	2046.723589	122.8034153	2.6430919
7	8	7	125	3.124965	3.027205	0.09776	0	2046.723589	122.8034153	2.6430919
8	8	9	125	3.124965	2.810445	0.31452	0	2211.176317	132.670579	2.8554623
9	9	1	100	2.810445	2.456525	0.35392	0	1146.701336	68.80208013	2.3273826
10	10	8	200	3.12886	3.124965	0.003895	0	4257.900341	255.4740204	2.1985972
11	9	11	100	2.810445	2.6552	0.008405	0.14683997	1064.474864	63.86849182	2.1604931
12	2	12	100	2.038355	1.88311	0.008405	0.14683997	1064.474864	63.86849182	2.1604931
13	4	13	100	1.555245	1.4	0.008405	0.14683997	1064.474864	63.86849182	2.1604931
14	6	14	100	2.61726	2.46202	0.0084	0.14683997	1064.474864	63.86849182	2.1604931
15	15	10	200	3.14185	3.12886	0.01299	0	4257.900341	255.4740204	2.1985972

6.6.4 Interprétation des résultats de pression

Comme le montre la figure ci-dessous, les pressions de décharge au niveau des poteaux incendie varient entre 1.4 bar et environ 2.66 bars. En analysant les résultats, nous constatons que les poteaux incendie sont alimentés par des pressions supérieures à la pression minimale requise, ce qui garantit un débit d'eau adéquat et assure une performance satisfaisante du système de poteaux d'incendie.

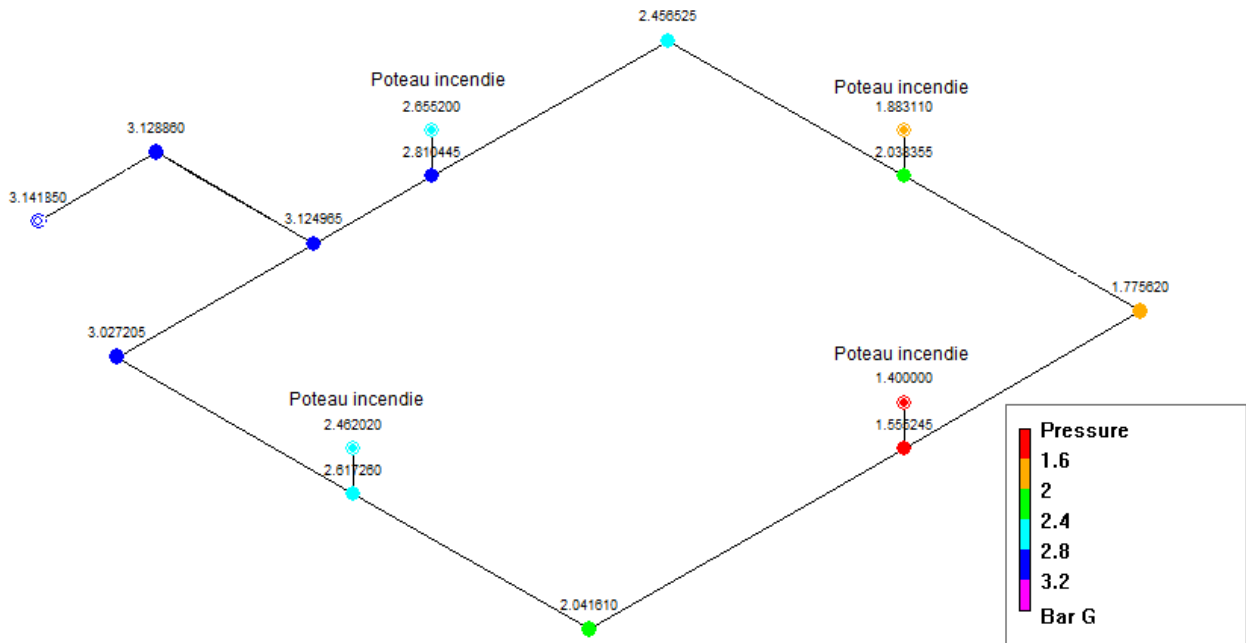


Figure 6-29: Résultats de pression dans le réseau des poteaux incendie

6.6.5 Interprétation des résultats de la vitesse d'écoulement

Nous avons effectué une simulation de la vitesse d'écoulement dans les conduites afin d'analyser la performance hydraulique du système et d'assurer une distribution équilibrée de l'eau sur l'ensemble du réseau. La distribution des vitesses d'écoulement est illustrée dans la figure ci-dessous. En évaluant les vitesses d'écoulement dans l'ensemble du réseau, nous constatons qu'elles sont acceptables, avec une valeur moyenne de 2.206 m/s.

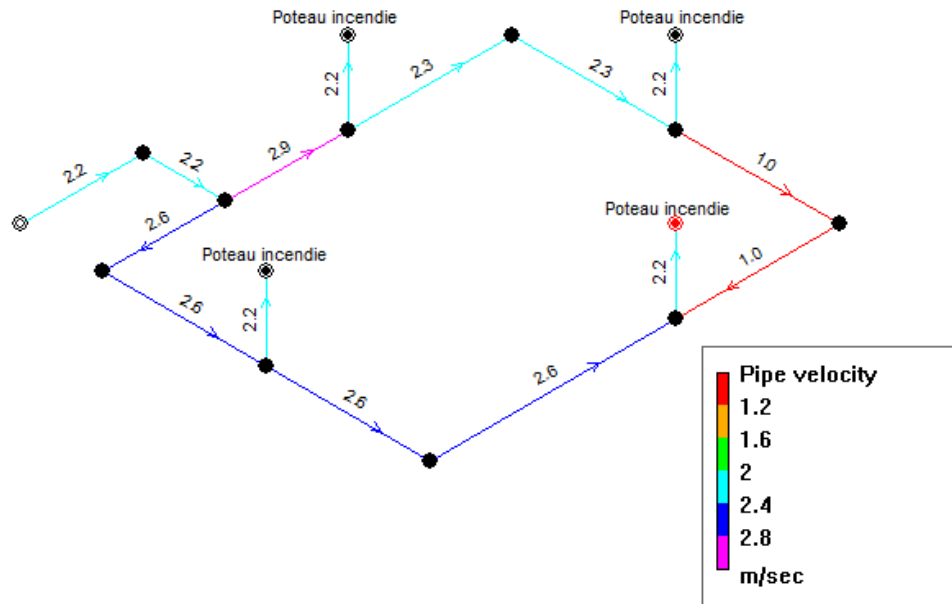


Figure 6-30: Vitesse d'écoulement dans le système de poteaux incendie.

6.6.6 Interprétation des résultats du débit

Le débit de décharge calculé précédemment pour chaque poteau incendie est de $63.8685 \text{ m}^3/\text{h}$. Les résultats de simulation du débit de décharge au niveau de chaque poteau incendie, présentés dans la figure ci-dessous, montrent que nous avons respecté l'exigence de débit requis. Cela garantit que chaque poteau incendie fournit un débit de décharge suffisant pour répondre aux besoins en matière de sécurité incendie.

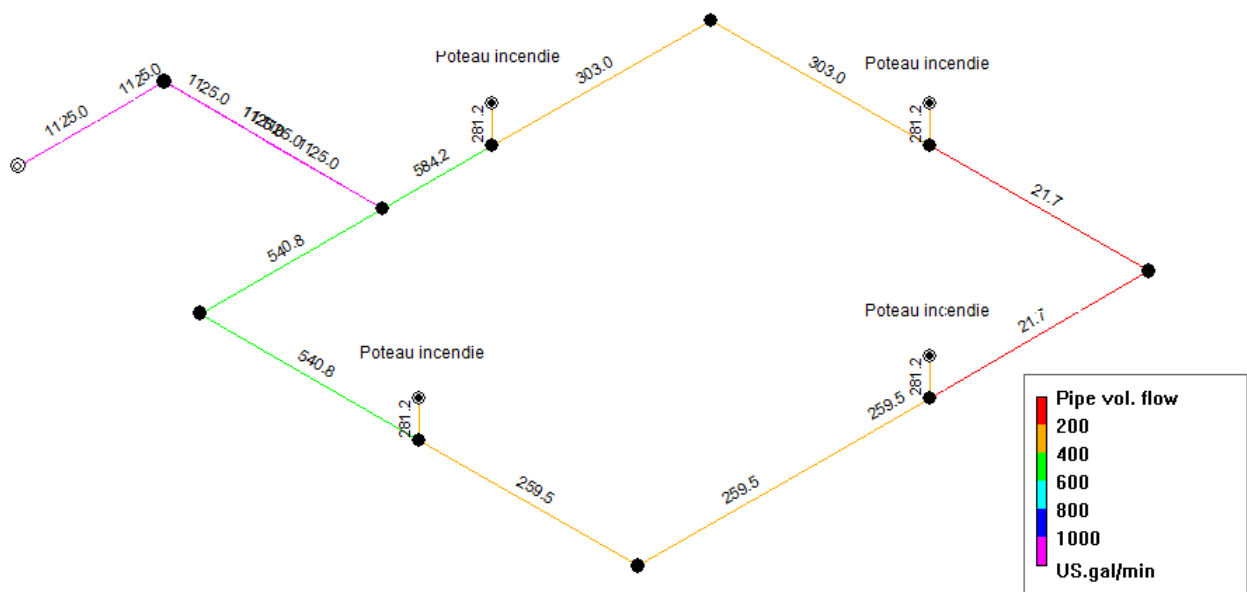


Figure 6-31: Débit de décharge pour les poteaux incendie

6.6.7 Pression totale et quantité d'eau nécessaire pour le système des poteaux incendie

Pour une installation équipé d'un système de sprinklers approuvé, la NFPA 24 recommande de ne pas cumuler le débit d'incendie requis et la demande du système de sprinkler. L'alimentation en eau doit être suffisante pour répondre à la demande la plus élevée entre les deux. Dans notre cas, le débit d'incendie est de 255.474 m³/h, ce qui est inférieur à la demande du système de sprinkler de 276.98 m³/h. Par conséquent, l'alimentation en eau doit être dimensionnée pour être capable de fournir ce débit, avec une pression de 3.14 bars.

6.7 Dimensionnement des pompes incendie

Le tableau ci-dessous résume la demande en eau nécessaire ainsi que les pressions requises pour chaque système anti- incendie connecté à la pompe ;

Tableau 6-10: Résultats de calcul de chaque système

Type de système	Débit totale d'eau nécessaire [m ³ /h]	Quantité d'eau Nécessaire [m ³]	Pression totale [bar]
Système sprinklers	276.979234	276.979234	9.545
Système de R.I. A	181.62	90.8184	5.57
Système de poteaux incendie	255.474	255.474	3.14

La capacité du réservoir requise est de 368 m³ et celle du réservoir existant qui est de 525 m³ ce qui nous permet de conclure que l'alimentation en eau est largement suffisante pour notre réseau anti-incendie.

Le type de pompe choisie est la pompe à turbine à arbre vertical, et cela dépend du type de réservoir existant qui est un réservoir souterrain. C'est également le seul type de pompe autorisé par la norme NFPA 20, qui peut démarrer avec une pression d'aspiration négative ou aspirer de l'eau dans des conditions d'élévation.

Le calcul de la hauteur manométrique totale

- La hauteur d'aspiration égale à 2.5 m
- La hauteur de refoulement égale à 8.6 m
- Pression de refoulement à 97.3979 m (9.545 bars)
- Les pertes de charge égale à 150.88 m (14.786 bars)

$$HMT = 259.8 \text{ m}$$

Le débit d'eau requis égale à **276.98 m³/h**, correspond à la demande maximale.

La hauteur manométrique totale calculé et le débit d'eau requis nous permettent de déterminer la pompe qui correspondra le mieux à nos besoins. La courbe ci-dessous du fournisseur illustre les caractéristiques de la pompe choisie. La fiche technique de cette pompe se trouve dans L'[ANNEXE E](#).

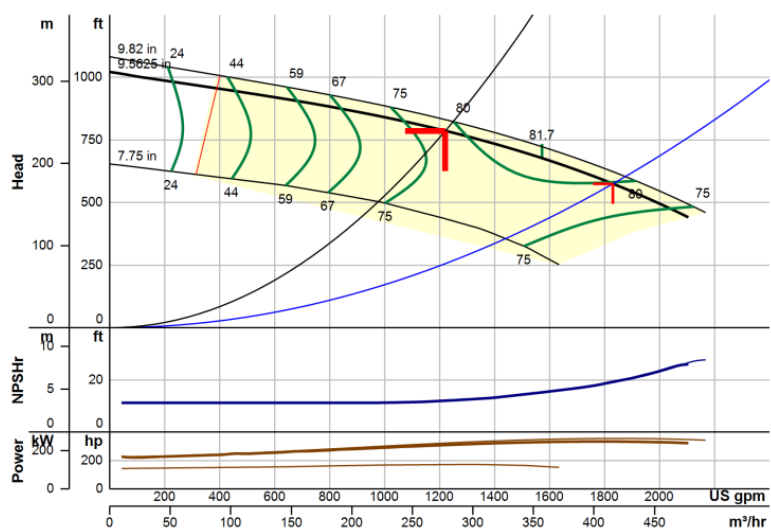


Figure 6-32: Courbe caractéristique de la pompe incendie principale.

- Les caractéristiques de la pompe jockey sont :
 - La capacité nominale égale à **2.7 m³/h** (1% de la capacité nominale de la pompe principale de 277 m³/h)
 - La pression de la pompe jockey égale au moins à **10.225 bars** (supérieure à la pression de la pompe incendie principale d'au moins de 0.68 bar)

- **La pompe diesel**

Nous avons sélectionné les caractéristiques de la pompe diesel à partir du tableau se trouvant dans L'[ANNEXE E](#).

- La pompe diesel sélectionnée est de type **6126TL**, possédant les caractéristiques suivantes :
 - Un HP nominal égale à **340 HP**.
 - Le nombre de tours par min égale à **3000 r/min**
 - Six cylindres
 - Avec une consommation de carburant égale à **73.529 L/h**.
 - Une puissance de **250 KW**

En utilisant ces caractéristiques nous pouvons dimensionner le réservoir du carburant.

Capacité du réservoir = $73.529 \times 12h + 5\%$ pour la dilatation + 5% pour la décantation

La capacité du réservoir = 970.6 L

6.8 Conclusion

Après avoir constaté des écarts dans le réseau existant grâce au diagnostic effectué précédemment dans notre étude, nous avons pu, concrétiser le dimensionnement dans ce chapitre en réalisant les calculs nécessaires des paramètres régissant notre réseau. Cela inclut les débits et les pressions allant du réseau de sprinklers au réseau des robinets d'incendie armés, puis au réseau des poteaux incendie, Confirmant ainsi les écarts techniques mentionnés dans le chapitre précédent

A la fin nous avons dimensionné les pompes nécessaires, à savoir la pompe principale, la pompe jockey et la pompe diesel en fonction des résultats de notre étude. Cela constitue une étude complète couvrant tous les aspects du réseau anti-incendie.

Conclusion générale

Le défi traité dans cette étude consiste à garantir la conformité du réseau anti-incendie de l'unité de Schneider Electric Algérie aux normes NFPA, afin d'assurer la protection contre l'incendie, ce travail fait partie du domaine QHSE et de la gestion des risques industriels.

Tout au long de notre projet nous avons mené une étude détaillée où nous avons examiné toutes les solutions proposées, afin de se conformer à la réglementation algérienne, notamment la *Loi n° 88-07 du 26 Janvier 1988* relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail, ainsi que *le décret exécutif n° 91-05 de janvier 1991* relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail, et aux recommandations des normes internationales pour la protection des entrepôts face aux incendies. Comme le réseau anti-incendie existant dans l'entrepôt de Schneider Electric Algérie est équipé d'un système automatique de sprinklers et de deux systèmes manuels comprenant des robinets d'incendie armés et des poteaux incendie, nous avons fait un diagnostic des systèmes existants en nous référant à la norme NFPA 25 (l'inspection, les tests et l'entretien des systèmes de protection contre l'incendie à base d'eau), ainsi qu'aux normes NFPA pour l'installation de ces systèmes. Nous avons identifié plusieurs écarts notamment ;

- La surface de couverture par sprinkler est inférieure à la surface minimale autorisée pour un sprinkler de type *ESFR*.
- La surface totale de couverture du réseau de sprinklers ne couvre pas la totalité de l'entrepôts.
- L'absence des composants essentiels pour l'efficacité du système de sprinklers exigés par la norme NFPA 13.
- Les sprinklers sans hors service.

Pour le système des robinets incendie nous avons remarqué que l'espacement entre les robinets est n'est pas respecté.

Pour le système de pompage nous avons constaté qu'il y a des composants manquants exigés par la norme NFPA 20, tel que la pompe diesel.

Pour le système des poteaux incendie nous avons démontré que les poteaux sont surdimensionnés parce que la méthodologie utilisée se base sur l'approvisionnement du poteau le plus exigeant de point de vue hydraulique.

Par ailleurs, les calculs ont montré que le réservoir anti-incendie est largement suffisant cependant il est en mauvais état de propreté et n'est pas équipé d'un détecteur de niveau.

Par conséquent, nous avons proposé une étude complète pour chaque système, en commençant par l'emplacement approprié des sprinklers, des robinets d'incendie et des poteaux incendie. Ensuite nous avons utilisé le logiciel Pipnet pour dimensionner ces systèmes en respectant les critères des normes NFPA, tels que la pression, le débit et la demande en eau. Nos résultats indiquent que la demande en eau pour le système de sprinkler est de 276.98 m^3 , avec une pression de 9.545 bars. Pour le système de robinets d'incendie armés, une pression de 5.57 bars et un débit de $181,62 \text{ m}^3/\text{h}$ sont nécessaires afin d'assurer un temps d'approvisionnement de 30 minutes et la quantité d'eau nécessaire pour ce système est de 90.8184 m^3 .

Pour les poteaux incendie, le débit requis est de $255.474 \text{ m}^3/\text{h}$, pour un temps d'approvisionnement d'une heure, la quantité d'eau nécessaire est de 255.474 m^3 ce qui est inférieur à la demande du système de sprinkler de $276.98 \text{ m}^3/\text{h}$. Par conséquent, l'alimentation en eau doit être dimensionnée pour être capable de fournir ce débit, plus le débit requis par les robinets incendie, la pression totale demandée pour les poteaux est de 3.14 bars.

Enfin, nous avons dimensionné les pompes nécessaires selon la norme NFPA 20, notamment la pompe principale, la pompe jockey et la pompe diesel, en fonction des résultats de notre étude. L'ensemble de ces travaux constitue une étude complète couvrant tous les aspects du réseau anti-incendie.

Références bibliographiques

- [1] Schneider Electric. *A propos de la société* [en ligne]. Consulté le 29/06/2023. Disponible sur : <https://www.se.com/dz/fr/about-us/>
- [2] Schneider Electric Algérie. 2023. Manuel de management Schneider Electric Algérie. Format [PDF]. Consulté le 05/03/2023.
- [3] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.) ; Moyens fixes de lutte contre l'incendie –Stockages de liquides inflammables et de gaz inflammables liquéfiés. Format [en ligne]. Edition. (Édition Novembre 2016. Disponible avec la référence : DRA-16-156884- 04985D). Parc Technologique Alata BP2-60550 Verneuil-en-Halatte. <http://www.ineris.fr>. Consulté le 05/05/2023.
- [4] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Développement d'une méthodologie d'évaluation des effets thermiques et toxiques des incendies d'entrepôt. Format [en ligne]. Edition. (Juin 2000. Disponible avec la référence : DRA-03). Parc Technologique Alata BP2-60550 Verneuil-en-Halatte. <http://www.ineris.fr>. Consulté le 05/05/2023.
- [5] ACTIF Construction . L'exutoire de désenfumage [en ligne]. Consulté le 06/05/2023. Disponible sur : <https://www.actifc.com/exutoire-de-desenfumage/>
- [6] National Fire Protection Association (NFPA). Standard for Smoke and Heat Venting. [en ligne]. (NFPA 204),2015. One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471: National Fire Protection Association (NFPA),2015. Consulté le 06/05/2023. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/>
- [7] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.) ; Moyens fixes de lutte contre l'incendie –Stockages de liquides inflammables et de gaz inflammables liquéfiés. [PDF]. Edition. (Édition Novembre 2016. Disponible avec la référence : DRA-16-156884- 04985D). Parc Technologique Alata BP2-60550 Verneuil-en-Halatte. <http://www.ineris.fr>. Consulté le 05/05/2023.
- [8] RSA. Systèmes de protection incendie.[PDF]. Edition (RCG010(FR) Fire Protection System Risk Control Guide –V1 - 08/2020). <https://www.rsabroker.com>. Consulté le 07/05/2023.
- [9] NFPA, National Fire Protection Association. National Fire Protection Association The leading information and knowledge resource of fire, electrical and related hazards [en ligne].

Consulté Le 08/05/2023. Disponible sur : <https://www.nfpa.org/About-NFPA>

[10] Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises. Les statistiques des services d'incendie et de secours [PDF].2022. [Www.interieur.gouv.fr](http://www.interieur.gouv.fr). Consulté le 26/06/2023.

[11] National Fire Protection Association (NFPA). Richard Campbell. Warehouse Structure Fires. [PDF].2022. nfpa.org/warehousefires. Consulté le 26/06/2023.

[12] NFPA RESEARCH. *US Experience With Sprinklers*. [PDF].July 2017. <https://www.nfpa.org/-/media/files/news-and-research/fire-statistics-and-reports/suppression/ossprinklers.pdf>. Consulté le 26/06/2023.

[13] National Fire Protection Association (NFPA). Automatic Sprinkler Systems Handbook. [PDF].11^{ème} édition. (NFPA 13 Handbook). One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471: National Fire Protection Association (NFPA),2016. <https://www.nfpa.org/>. Consulté le 03/24/2023

[14] [(FM Global). *Installation guidelines for automatic Sprinklers*. [PDF]. Edition. (Property Loss Prevention Data Sheets.2-0). Johnston, Rhode Island: FM Global, 2014.Consulté le 03/24/2023

[15] National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 13: *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. [PDF]. (NFPA 13),2022. One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471: National Fire Protection Association (NFPA),2022. Consulté le 03/24/2023. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/>

[16] NTGD. *Robinet-vanne OS&Y*. [en ligne]. Consulté le 10/05/2023. Disponible sur :<https://www.ntgdvalve.com/fr/osy-gate-valve/>.

[17] Nicolas Trévisan. *Etude expérimentale et numérique des interactions entre dispositifs d'évacuation naturelle des fumées et de chaleur et système d'extinction à eau*. Thèse : Mécanique-Energétique. L'Université de Lorraine, le 19 avril 2018. 213 p.

[18] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Extincteur, Robinet d'incendie armé (RIA). [PDF]. Edition. (BADORIS – Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)). 19 février 2004. Disponible sur https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Entrepots_extinction_manuelle_V2.pdf.Consulté le 06/05/2023.

[19] National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 14: *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*. [PDF]. (NFPA 14),2019. One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471: National Fire Protection Association (NFPA),2022. Consulté le 03/24/2023. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/>

[20] AFNOR. Matériels de lutte contre l'incendie Poteaux et bouche d'incendie Règles

d'installation, de réception et de maintenance [PDF]. NF S 62-200, 15 juillet 2009. [Consulté le 14/06/2023]. Disponible à l'adresse <http://www.sicp.fr/wp-content/uploads/2018/07/NFS-62-200>.

[21] National Fire Protection Association (NFPA). *NFPA 1 : Fire code*. [PDF]. (NFPA 1),2015. One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471 : National Fire Protection Association (NFPA),2015. Consulté le 03/24/2023. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/>.

[22] National Fire Protection Association (NFPA). *NFPA 220: Type of building construction*. [PDF]. (NFPA 220),2015. One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471: National Fire Protection Association (NFPA),2015. Consulté le 03/24/2023. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/>

[23] National Fire Protection Association (NFPA). *NFPA 24: Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances*. [PDF]. (NFPA 24),2015. One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471: National Fire Protection Association (NFPA),2015. Consulté le 03/24/2023. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/>

[24] BRIAN O'CONNOR. *Fire Pump Types* [en ligne]. Consulté le 22/06/2023. Disponible sur : <https://www.nfpa.org/Fire-Pump-Types>.

[25] Dr. R. SAKER OUARGLI. Cours sur les pompes [PDF]. Consulté le 22/06/2023. Disponible sur : <https://www.univ-usto.dz>.

[26] National Fire Protection Association. "*NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*." [PDF]. NFPA 20, édition 2022. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2022. [20/06/2023]. Disponible à l'adresse : www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20.

[27] GROUPE EMILE DUFOUR SAS. *Systèmes de pompage et matériel de soudage* [en ligne]. Consulté le 23/06/2023. Disponible sur : <https://www.adrem.fr/faq/2-153.html>.

[28] NFPA. *NFPA 20 : Norme pour l'installation de pompes fixes contre l'incendie*. 2010. (Titre de série. Vol. si disponible). Route de la Chapelle Réanville-CD 64- BP 2265- F 27950 SAINT MARCEL : CNPP, expert en prévention et en maîtrise des risques, 2010. Bibliothèque centrale de l'école National Polytechnique d'Alger

[29] National Fire Protection Association. "*NFPA 25: Standard for the Inspection, Test, and Maintenance of water-based fire protection systems*." [PDF]. NFPA 25, édition 2020. Quincy, MA :National Fire Protection Association, 2022. Consulté le 25/05/2023. Disponible à l'adresse.www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25

[30] KRISTIN BIGDA. *NFPA 14: Where are standpipes required* [en ligne]. Consulté le 12/06/2023. Disponible sur : www.nfpa.org.

[31] MORGAN J. Hurley. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. [PDF]. 5e édition. Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2016. ISBN 978-1-4939-2564-3. ISBN 978-1-4939-2565-0 (eBook). DOI 10.1007/978-1-4939-2565-0. Library of Congress Control Number: 2015953225. Consulté le : 25/04/2023

[32] APSAD. *RÈGLE D'INSTALLATION Extinction automatique à eau type sprinkleur* [PDF]. R5, 2002. CNPP ENTREPRISE S.A.R.L. – Service Editions BP 2265 – F 27950 Saint-Marcel. Année de publication. Consulté le 23/03/2023.

[33] PIPENET VISION Standard Module Version 1.11.0. 2016 Sunrise Systems Limited. [PDF].2018. Consulté le 28/04/2023.

ANNEXE A

Exigences réglementaires pour la lutte contre l'incendie

Art	Exigences
Loi n° 88-07 du 26 Janvier 1988 : Relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail	
Chapitre 2 : Règles générales en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail	
5	<p>Les établissements, les locaux affectés au travail, leurs dépendances et leurs annexes, doivent être conçus, aménagés et entretenus de manière à garantir la sécurité des travailleurs.</p> <p>Ils doivent notamment, répondre aux nécessités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none">• Assurer les conditions nécessaires, afin de prévenir toute cause d'incendie ou d'explosion, ainsi que pour combattre l'incendie d'une façon rapide et efficace.• Assurer l'évacuation rapide des travailleurs en cas de danger imminent, ou de sinistre.
9	<p>Les normes d'efficacité des produits, dispositifs ou appareils de protection seront fixées conformément à la législation en vigueur, après avis d'une commission nationale d'homologation.</p>
Décret exécutif n° 91-05 du 19 Janvier 1991 : Relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.	
TITRE 3 : Mesures particulières de prévention des risques d'incendie	
Section 1 : Dispositions générales	
45	<p>Les dispositions de l'article 5, de la loi 88-07 du 26 janvier 1988 susvisée, relatives à la prévention et à la lutte en matière d'incendie sur les lieux de travail, sont précisées aux articles 46 à 60 du présent décret.</p>
46	<p>Les locaux ou postes de travail présentant des risques d'incendie par l'emploi permanent de produits et de matières particulièrement inflammables doivent être isolés. L'isolation desdits locaux et postes de travail doit avoir lieu, selon le cas, soit par installation dans des bâtiments distincts, soit par séparation ou protection résultant de la construction.</p> <p>Les travaux de maintenance effectués dans les locaux cités à l'alinéa premier et susceptibles de provoquer l'incendie ou l'explosion doivent faire l'objet d'une surveillance particulière.</p>
47	<p>Les matières inflammables sont classées en deux groupes :</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Le premier groupe comprend : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Les matières émettant des vapeurs inflammables ➤ Les matières susceptibles de brûler sans apport d'oxygènes ➤ Les matières dans un état physique de grande division, susceptibles de former avec l'air un mélange explosif. • Le deuxième groupe comprend : Les matières susceptibles de prendre feu au contact d'une flamme et de propager rapidement l'incendie.
48	Les locaux ou entreposés ou manipulés des matières inflammables du 1 ^{er} groupe, ne peuvent être éclairés que par des lampes électriques munies d'une double enveloppe étanche ou par des lampes extérieures sous verre dormant.
49	Ventilation efficace.
50	Interdiction d'y fumer, cette interdiction doit faire l'objet d'une information appropriée.
51	Les récipients et les moyens de transvasement des liquides inflammables doivent présenter toutes les conditions d'étanchéité.
52	Les locaux ou entreposés ou manipulés des matières inflammables du 1 ^{er} groupe, et du 2 ^{ème} groupe, aucun poste habituel de travail ne doit se trouver à plus de dix mètres d'une issue. Les portes de ces locaux doivent s'ouvrir dans le sens de la sortie.
Section 2 : Evacuation du personnel	
54	Les issues et dégagements des locaux et bâtiments de travail, doivent être répartis de façon à permettre une évacuation rapide en cas d'incendie. Au moins de deux issues dans un local ou bâtiments lorsque celles-ci doivent donner passage à plus de cent personnes appartenant ou non au personnel de l'entreprise. La largeur des issues, des passages ou dégagements y conduisant supérieure à 80 Cm.
55	Indication bien visible de jour et de nuit doivent indiquer le chemin vers la sortie la plus proche. Les portes doivent s'ouvrir très facilement, et très rapidement de l'intérieur et être signalées par la mention « Issue de secours », inscrite en caractères bien visibles. Un éclairage de sécurité permettra d'assurer l'évacuation des personnes en cas d'interruption accidentelle de l'éclairage normal.
56	Les locaux de travail situés dans les étages et dans les sous-sols doivent être desservis par des escaliers.

	Ils doivent comporter plus de deux escaliers lorsque ceux-ci doivent donner passage à plus de cent personnes à évacuer.
Section 3 : Lutte contre l'incendie	
57	Le premier secours doit être assuré par des extincteurs de différents types et capacités, en nombre suffisant, facilement accessibles et répartis convenablement dans les lieux de travail.
58	Dans les entreprises où sont manipulées, mises en œuvre ou entreposées d'importantes quantités de matières inflammables du premier groupe, l'organisme employeur doit mettre en place des moyens de secours supplémentaires appropriés aux risques d'incendie. Ces moyens doivent être mis en œuvre par une équipe entraînée à l'utilisation de ces matériels d'extinctions.
59	Des consignes prescrivant les opérations à effectuer en cas d'incendie, doivent être données au personnel. Dans chaque local de travail, une consigne doit indiquer la localisation du matériel d'extinction et de sauvetage, désigner le personnel chargé d'utiliser ce matériel ainsi que les personnes qui doivent diriger l'évacuation du personnel ou, le cas échéant, du public. Des consignes particulières doivent être données au personnel de maîtrise et au personnel de gardiennage et de surveillance. Le texte des consignes prévues est communiqué pour approbation au responsable de la protection civile, territorialement compétant, ainsi que le cas échéant, aux personnels d'inspection et de contrôle.
60	Le matériel de lutte contre l'incendie doit faire l'objet de visites et d'essais périodiques, conformément à la réglementation en vigueur. Les essais sont pratiqués à l'occasion d'exercices au cours desquels le personnel apprendra à se servir des moyens de premiers secours. La liste des essais et exercices et les observations auxquelles ils peuvent donner lieu doivent être portées sur le registre des délibérations de la commission d'hygiène et de sécurité, ou à défaut, sur un registre spécial tenu à la disposition de l'inspecteur du travail.

TITRE 4 : vérifications périodiques et mesures d'entretien	
61	Les dispositions de l'article 7, troisième alinéa de la loi 88-07 du 26 janvier 1988 susvisée sont précisées aux articles 62 à 66 du présent décret.
62	Des visites, vérifications et entretiens périodiques doivent être prévus de façon particulière et selon les périodicités fixées par la réglementation en vigueur notamment dans les domaines suivants : 2) Moyens de protection collective et individuelle. 3) Installations de lutte contre l'incendie.
64	Les résultats des visites, vérifications et entretiens prévus seront consignés sur un registre spécial tenu à cet effet, en application de l'article 3 ^e de la loi n°88-07 du 26 janvier 1988 susvisée.
65	Les visites, vérifications et entretiens doivent être effectués par un personnel habilité à cet effet, désigné par l'organisme employeur

Les principales Normes de « L'NFPA » de conception d'un réseau anti-incendie.

Norme	Domaine
NFPA 11	Standard pour les mousses à faible, moyenne et forte expansion.
NFPA 12	Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
NFPA 12A	Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems
NFPA 13	Standard for the Installation of Sprinkler Systems
NFPA 13D	Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes.
NFPA 13E	Recommended Practice for Fire Department Operations in Properties Protected by Sprinkler and Standpipe Systems.
NFPA 13R	Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Residential Occupancies up to and Including Four Stories in Height
NFPA 14	Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems.
NFPA 15	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
NFPA 16	Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems.
NFPA 17	Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems.
NFPA 17A	Standard for Wet Chemical Extinguishing Systems
NFPA 20	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection

NFPA 22	Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
NFPA 25	Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems.
NFPA 30	Les systèmes d'extinction automatique d'incendie pour la protection des liquides inflammables et combustibles.
NFPA 30B	Standard pour l'installation des systèmes de sprinkler destinés à la protection des produits en aérosol.
NFPA 37	Standard pour l'installation de sprinkler système destinés à la protection des moteurs à combustion fixes et des turbines à gaz.
NFPA2001	Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.

Les principales Normes de « CEN » de conception d'un réseau anti-incendie.

Normes	Domaine
Normes relatives aux installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes à émulseurs	
NFEN 13565-1 +A1	Partie 1 : Exigences et méthodes d'essais relatives aux composants
NF EN 13565-2	Partie 2 : Calcul, installation et maintenance
Normes relatives aux Agents extincteurs contre l'incendie - Émulseurs	
NF EN 1568-1	Spécifications pour les émulseurs moyens foisonnement destinés à une application à la surface des liquides n'ayant pas d'affinité pour l'eau
NF EN 1568-2	Spécifications pour les émulseurs haut foisonnement destinés à une application à la surface des liquides n'ayant pas d'affinité pour l'eau
NF EN 1568-3	Spécifications pour les émulseurs bas foisonnement destinés à une application à la surface des liquides n'ayant pas d'affinité pour l'eau
NF EN 1568-4	Spécifications pour les émulseurs bas foisonnement destinés à une application à la surface des liquides ayant une affinité pour l'eau
Normes relatives aux installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes d'extinction à poudre	
NF EN 12416-1 +A2	Partie 1 : Exigences et méthodes d'essais des éléments constitutifs
NF EN 12416-2 +A1	Partie 2 : Conception, construction et maintenance

Normes relatives aux installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes à brouillard d'eau et leurs composants	
XP CEN/TS 14972	Systèmes à brouillard d'eau et leurs composants - Conception et installation.
Norme relative aux installations fixes de lutte contre l'incendie - pour installations d'extinction à gaz	
NF EN 12094	Norme relative aux installations fixes de lutte contre l'incendie - Éléments constitutifs pour installations d'extinction à gaz.
NF EN 15004	Norme relative aux installations fixes de lutte contre l'incendie - Installations d'extinction à gaz.

Les principales Normes de « APSAD » d'installation pour les équipements et systèmes de sécurité incendie.

Norme	Domaine
R1	Extinction automatique à eau, type sprinkler
R3	Extinction automatique à CO2
R4	Extincteurs portatifs et mobiles
R5	Robinets d'Incendie Armés
R12	Extinction automatique à mousse (haut foisonnement)
R13	Extinction automatique à gaz (gaz inertes et gaz inhibiteurs)

ANNEXE B

Le débit d'incendie minimal requis et la durée d'écoulement pour les bâtiments en fonction de la surface du débit d'incendie et du type de construction.

Table 18.4.5.2.1 Minimum Required Fire Flow and Flow Duration for Buildings

Fire Flow Area ft ² (× 0.0929 for m ²)					Fire Flow gpm† (× 3.785 for L/min)	Flow Duration (hours)
I(443), I(332), II(222)*	II(111), III(211)*	IV(2HH), V(111)*	II(000), III(200)*	V(000)*		
0-22,700	0-12,700	0-8200	0-5900	0-3600	1500	2
22,701-30,200	12,701-17,000	8201-10,900	5901-7900	3601-4800	1750	
30,201-38,700	17,001-21,800	10,901-12,900	7901-9800	4801-6200	2000	
38,701-48,300	21,801-24,200	12,901-17,400	9801-12,600	6201-7700	2250	
48,301-59,000	24,201-33,200	17,401-21,300	12,601-15,400	7701-9400	2500	
59,001-70,900	33,201-39,700	21,301-25,500	15,401-18,400	9401-11,300	2750	
70,901-83,700	39,701-47,100	25,501-30,100	18,401-21,800	11,301-13,400	3000	3
83,701-97,700	47,101-54,900	30,101-35,200	21,801-25,900	13,401-15,600	3250	
97,701-112,700	54,901-63,400	35,201-40,600	25,901-29,300	15,601-18,000	3500	
112,701-128,700	63,401-72,400	40,601-46,400	29,301-33,500	18,001-20,600	3750	
128,701-145,900	72,401-82,100	46,401-52,500	33,501-37,900	20,601-23,300	4000	
145,901-164,200	82,101-92,400	52,501-59,100	37,901-42,700	23,301-26,300	4250	
164,201-183,400	92,401-103,100	59,101-66,000	42,701-47,700	26,301-29,000	4500	4
183,401-203,700	103,101-114,600	66,001-73,300	47,701-53,000	29,301-32,600	4750	
203,701-225,200	114,601-126,700	73,301-81,100	53,001-58,600	32,601-36,000	5000	
225,201-247,700	126,701-139,400	81,101-89,200	58,601-65,400	36,001-39,600	5250	
247,701-271,200	139,401-152,600	89,201-97,700	65,401-70,600	39,601-43,400	5500	
271,201-295,900	152,601-166,500	97,701-106,500	70,601-77,000	43,401-47,400	5750	
Greater than 295,900	Greater than 166,500	106,501-115,800	77,001-83,700	47,401-51,500	6000	
		115,801-125,500	83,701-90,600	51,501-55,700	6250	
		125,501-135,500	90,601-97,900	55,701-60,200	6500	
		135,501-145,800	97,901-106,800	60,201-64,800	6750	
		145,801-156,700	106,801-113,200	64,801-69,600	7000	
		156,701-167,900	113,201-121,300	69,601-74,600	7250	
		167,901-179,400	121,301-129,600	74,601-79,800	7500	
		179,401-191,400	129,601-138,300	79,801-85,100	7750	
	Greater than 191,400	Greater than 138,300	Greater than 85,100	8000		

*Types of construction are based on NFPA 220.

†Measured at 20 psi (139.9 kPa).

Le nombre minimum des poteaux incendie requis en fonction du débit d'incendie requis et
 espacement entre les poteaux incendie

FIRE-FLOW REQUIREMENT (gpm)	MINIMUM NUMBER OF HYDRANTS	AVERAGE SPACING BETWEEN HYDRANTS ^{a, b, c} (feet)	MAXIMUM DISTANCE FROM ANY POINT ON STREET OR ROAD FRONTAGE TO A HYDRANT ^d
1,750 or less	1	500	250
2,000-2,250	2	450	225
2,500	3	450	225
3,000	3	400	225
3,500-4,000	4	350	210
4,500-5,000	5	300	180
5,500	6	300	180
6,000	6	250	150
6,500-7,000	7	250	150
7,500 or more	8 or more ^e	200	120

For SI: 1 foot = 304.8 mm, 1 gallon per minute = 3.785 L/m.

a. Reduce by 100 feet for dead-end streets or roads.

b. Where streets are provided with median dividers which can be crossed by fire fighters pulling hose lines, or where arterial streets are provided with four or more traffic lanes and have a traffic count of more than 30,000 vehicles per day, hydrant spacing shall average 500 feet on each side of the street and be arranged on an alternating basis up to a fire-flow requirement of 7,000 gallons per minute and 400 feet for higher fire-flow requirements.

c. Where new water mains are extended along streets where hydrants are not needed for protection of structures or similar fire problems, fire hydrants shall be provided at spacing not to exceed 1,000 feet to provide for transportation hazards.

d. Reduce by 50 feet for dead-end streets or roads.

e. One hydrant for each 1,000 gallons per minute or fraction thereof.

[NFPA 72 National Fire Code]

ANNEXE C

Les groupes du plastique.

Plastique de groupe A	Plastique de groupe B	Plastique de groupe C
<p>ABS (polystyrène-butadiène acrylonitrile)</p> <p>Acétal (polyoxyméthylène)</p> <p>Acrylique (polyméthacrylate de méthyle)</p> <p>butylcaoutchouc,</p> <p>EPDM (éthylène-propylène-caoutchouc),</p> <p>FRP (fibre de verre renforcée de polyester)</p> <p>Caoutchouc naturel (si expansé),</p> <p>Caoutchouc nitrile (caoutchouc acrylonitrile-butadiène)</p> <p>PET (polyester thermoplastique),</p>	<p>Cellulosiques (acétate de cellulose, acétobutyrate de cellulose, éthyle cellulose)</p> <p>Polychloroprène</p> <p>Plastiques fluorés (ECTFE – éthylènechlorotri-fluoroéthylène; ETFE – copolymère éthylène / tétrafluoroéthylène ; FEP – éthylène-propylène fluoré),</p> <p>Caoutchouc naturel</p> <p>Nylon (nylon 6, nylon 6/6),</p>	<p>Plastiques fluorés (PCTFE – polytrifluorochloréthylène ; PTFE-polytétrafluoréthylène),</p> <p>Mélamine (mélamine formaldéhyde),</p> <p>Résine phénolique,</p> <p>PVC (polychlorure de vinyle - flexible - PVC contenant jusqu'à 20 % de plastifiant),</p> <p>PVDC (polychlorure de vinylidène),</p> <p>PVDF (polyfluorure de vinylidène),</p>

Polybutadiène, Polycarbonate, Polyester élastomère, Polyéthylène, Polypropylène, Polystyrène, Polyuréthane PVC (polychlorure de vinyle - hautement plastifié, avec plus de 20 % de plastifiant) SAN (polystyrène acrylonitrile), SBR (caoutchouc butadiène- styrène)	Caoutchouc silicone	PVF (polyfluorure de vinyle), Urée (urée-formaldéhyde).
---	---------------------	--

Classification des marchandises

ZONE 1

Steel floor-standing enclosure

Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PET Polyéthylène Terephthalate	< 0.1	PET Thermoplastique Polyster	Groupe A Non expansé	film plastique/ Carton	Classe 3	Bois

Epoxy Resin	< 0.1	/				
PC Polycarbonate	< 0.1	Polycarbonate				
Polyster	< 0.1	Polyster Elastomer				
Polypropylène	< 0.1	Polypropylène				
Polyamide	< 0.1	Nylon (nylon 6, nylon 6/6)				
Polyéthylène	< 0.1	Polyéthylène				
Totale	0.24%					

PrismaSeT P CUBICLE 1000A						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PC Polycarbonate	0.50%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé	Boîte en Bois/ Carton	Classe 4	Bois
PVC Polychlorure de vinyle	0.50%	PVC				
PET Polyéthylène Terephtalate	0.20%	PET thermoplastique polyster				
PA Polyamide	1.40%	Nylon (nylon 6, nylon 6/6)				
PEI Polyétherimide	2.80%	Polymère thermoplastique				
Totale	5.40%					

Spacial S3D - Steel Wall Mounting Enclosure						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PVC Polyvinyl chloride	< 0.1%	PVC	Groupe A Non expansé	Carton	Classe 4	Bois
PE Polyéthylène	< 0.1%	Polyéthylène				
PA Polyamide	0.43%	Nylon (nylon 6, nylon 6/6)				
Totale	0.45%					

Altivar Soft Starter ATS480 660A 208 to 690V AC control supply 110 to 230V AC

Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PE Polyéthylène	2.70%	Polyéthylène	Groupe A Non expansé	Boîte en Bois/ Carton	Classe 3	Bois
PC Polycarbonate	1.00%	Polycarbonate				
PP Polypropylène	0.50%	Polypropylène				
PA Polyamide	<0.1%	Nylon (nylon 6, nylon 6/6)				
PBT Polybutylène Terephthalate	0.20%	Polyester				
Totale	4.40%					

ZONE 2

Marchandise: Acti9 - Disjoncteur modulaire C120

Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PA polyamide	31.50%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé	Carton/Boite en bois	Plastique de Groupe A Non expansé en carton	Bois
PPS Polysulfure de phénylène	1.90%					
PBT Polytéraphthalate de butylène	1.30%	PET Polyster thermoplastique	Groupe A Non expansé			
PET Polytéraphthalate d'éthylène	0.70%	(Polyéthylène Terephthalate—thermoplastique polyester)	Groupe A Non expansé			

PAN Polyacrylonitrile	0.50%	Acrylique (polyméthacrylate de méthyle)	Groupe A Non expansé			
Totale	35.90%					

Marchandise: Canalis KNA 40A to 160A						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PP Polypropylène	4.42%	Polypropylène	Groupe A Non expansé	Carton	Plastique de Groupe A Non expansé en carton	Bois
PPE Polyphénylène	6.79%	PET Polyster thermoplastique	Groupe A Non expansé			
PA Polyamide	9.10%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé			
Totale	20.31%					

Marchandise: TeSys island-Digital multifunctional load management solution up to 80A						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallette
PPE Polyphénylène	2%	PET Polyster thermoplastique	Groupe A Non expansé	Carton	Plastique de Groupe A Non expansé en carton	Bois
PC Polycarbonate	9.60%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
PA polyamide	29.60%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé			
Totale	41.20%					

Marchandise: Complete Illuminated Metalic Pushbutton						
---	--	--	--	--	--	--

Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de palette
PA Polyamide	9.10%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé	Carton	Classe 4	Bois
Totale	9.10%					

Marchandise: Masterpact NW 25 H1 three pole draw out circuit breaker with Micrologic 5.0A control unit						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de palette
PA polyamide	0.40%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé	Polyéthylène film (0.2%) / Carton	Plastique de Groupe A Non expansé en carton	Bois
PET Polyéthylène Terephthalate	1.80%	Polyster Thermoplastique	Groupe A Non expansé			
PC Polycarbonate	4.10%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
UP Polyster	16.60%	Polyster Thermoplastique	Groupe A Non expansé			
Totale	22.90%					

Marchandise: Easy9 Modular Plastic Enclosure						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de palette
PC Polycarbonate	14.10%	Polycarbonate	Group A Non expansé	Carton	Plastique de Groupe A Non expansé en carton	Bois
PS Polystyrène	55.20%	Polystyrène	Group A Non expansé			
Totale	69.30%					

ZONE 5

Marchandise: Disjoncteur vide moyenne tension Evolis 24 kV						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
Thermodurcissable	7.30%	Phenolic	Groupe C	Boîte en Bois/ Carton	Classe 4	Bois
Thermoplastique	3.30%	PET Thermoplastique Elastomère	Groupe A Non expansé			
Elastomère	2.00%	PET Thermoplastique Elastomère	Groupe A Non expansé			
Total	12.60%					

Marchandise: MV vacuum circuit breaker Evolis 24 kV						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
Polyster Unsaturé	6.90%	Polyster elastomer	Groupe A Non expansé	Boîte en Bois/ Carton	Classe 4	Bois
Polystyrène	2.40%	Polystyrène	Groupe A Non expansé			
Silicone	2.00%	Silicone	Groupe B			
Polycarbonate	0.60%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
Epoxy	0.40%	FRP (Fiberglass- Polyester Reinforcé)	Quelque soit la classification			

Polyamide	0.30%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé			
Total	12.60%					

Marchandise: Couverture Métallique						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
Métal	100%	Polyéthylène	Groupe A Non expansé	PE Polyéthylène Bois	Classe 2	Bois

ZONE 6						
Marchandise: Simplified LCA PowerLogic/ EasyLogic PFC Capacitor Bank Evolis 24 kV						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
Plastique (type inconnu)	1.00%	/	/	Carton	Classe 3	Bois
Totale	1.00%					

Marchandise: Spacial SF - cellule - 1 porte - sans châssis - assemblé Evolis 24 kV						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
Polyamide 6 avec 30% de fibre en verre	1.00%	Nylon (nylon6, nylon6/6) +fibre en verre	Groupe A Non expansé	Boîte en Bois/ Carton	Classe 3	Bois
Totale	1.00%					

Marchandise: Easy 3S 10-40 kVA (400V) and 10-20 kVA (208V) IEC 3 phase UPS						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PC Polycarbonate	0.20%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé	Carton	Classe 3	Bois
PP Polypropylène	0.10%	Polypropylène				
PA Polyamide	0.10%	Nylon (nylon 6, nylon 6/6)				
PUR Polyurethane	0.20%	Polyurethane				
PE Polyéthylène	2.00%	Polyéthylène				
PEI polytherimide	0.10%	Polymère thermoplastique				
Totale	2.70%					

Marchandise: Metallic Mounting plate Evolis 24 kV						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
Plastique (type inconnu)	2.40%	/	/	Carton	Classe 3	Bois
Totale	2.40%					

ZONE 7

Marchandise: SM6-36kV IM - Air insulated switchgear						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PA Polyamide	0.10%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé	PE Polyethylene (0.09%) Carton (0.37%) Bois (99.51%)	Classe 4	Bois
ABS	0.30%	Acrylonitrile Butadiène Styrene Copolymère	Groupe A Non expansé			
PP Polypropylène	0.40%	Polypropylène	Groupe A Non expansé			
PC Polycarbonate	0.80%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
Epoxy Resin	7.70%	FRP (Fiberglass- Polyester Reinforcé)	Groupe A Non expansé			
Totale	9.30%					

Marchandise: SM6-24 QM & SM6-24 IM Modular Switchboard up to 24 kV - Air Insulated Switchgear						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
UP Polyester	0.21%		Groupe A Non expansé	PE Polyethylene (1.10%) Carton (10.57%) Bois (86.55%)	Classe 4	Bois
PA Polyamide	0.54%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé			
ABS	0.90%	Acrylonitrile Butadiène Styrene Copolymère	Groupe A Non expansé			

PC Polycarbonate	1.04%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
Epoxy Resin	8.98%	FRP (Fiberglass- Polyester Reinforcé)	Groupe A Non expansé			
Totale	11.67%					

SM6-36kV QM - Air insulated switchgear						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PA Polyamide	0.10%	Nylon (nylon6, nylon6/6)	Groupe A Non expansé	PE Polyethylene (0.09%) Carton (0.37%) Bois (99.51%)	Classe 4	Bois
ABS	0.30%	Acrylonitrile Butadiène Styréne Copolymér	Groupe A Non expansé			
PP Polypropylène	0.40%	Polypropylène	Groupe A Non expansé			
PC Polycarbonate	0.80%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
Epoxy Resin	7.70%	FRP (Fiberglass- Polyester Reinforcé)	Groupe A Non expansé			
Totale	9.30%					

SM6-36kV DM1A - Air insulated switchgear						
Type de plastique	Pourcentage de la masse	Classification selon la Norme	Groupe de plastique	Type de packaging	Classe de marchandise	Type de pallet
PET Polyéthylène Terephthalate	0.23%	Polyéthylène Terephthalate	Groupe A Non expansé	Bois (87.85%), Carton (12.08%)	Classe 4	Bois

ABS	0.37%	Acrylonitrile Butadiène Styrène Copolymér	Groupe A Non expansé	PE Polyéthylène (0.05%), Papier (0.02%)		
PP Polypropylène	0.23%	Polypropylène	Groupe A Non expansé			
PC Polycarbonate	0.55%	Polycarbonate	Groupe A Non expansé			
Epoxy Resin	5.73%	FRP (Fiberglass- Polyester Reinforcé)	Groupe A Non expansé			
Totale	7.11%					

ANNEXE D




Checklist pour l'inspection du système anti-incendie.

Dispositif	Etat à vérifier
Vanne à indicateur de position (Robinet-Vanne OS&Y)	En position correcte (ouverte ou fermée)
	Scellée
	Equipée des bonnes clés.
	Accessible
	Absence de dommages ou de fuites ou de corrosion
Manomètres	En bon état de fonctionnement
Réservoir	Niveau d'eau (plein)
	La structure est en bon état
	Absence de matériau combustible, de déchets, de débris.
	Indicateur de niveau est précis.
Les vannes d'arrêt des sources d'eau, des postes de contrôle et vannes secondaires	Ouvertes en permanence. Cadenassées ou scellées
Vanne de régulation	Les pressions en aval sont conformes aux critères de dimensionnement
	Absence de dommages ou de fuites
Clapet d'alarme (poste de contrôle)	Manomètres indique la pression requise
	Absence de dommages
Clapet anti-retour	Absence de dommages ou de fuites ou de corrosion
Sprinkler s	Absence de corrosion, de matières étrangères
	Aucune peinture ou revêtement autre que ceux appliqués par le fabricant
	Pas de dommages ou de fuites
	Bonne orientation
	Présence du fluide dans les ampoules en verre
	Distance minimale entre les sprinklers et le stockage
Tuyaux et raccords	Absence d'endommagement et de relâchement

	En bon état et sans corrosion extérieure
	Absence de fuites ou de dommages mécaniques
	Alignement correct
Pompe principale	La purge d'air automatique en bonne état
	Le manomètre de refoulement en bonne état (indication)
	Absence de dommages ou de fuites ou de corrosion pour le clapet anti-retour de refoulement
	La vanne à indicateur de position de refoulement est exempte de dommages ou de fuites ou de corrosion et en bonne position.
	Les vannes sont cadenassées (si l'accès à la salle des pompes n'est pas restreint)
	Les supports sont en bonnes états
Pompe diesel	Le réservoir de carburant diesel est rempli au moins au deux tiers
	Vérification de niveau de l'huile
	Les vannes dans la conduite d'alimentation en carburant sont verrouillées en position ouverte
	L'indicateur lumineux de la pompe « position automatique » dans le panneau de contrôle est allumé
	Les vannes sont cadenassées (si l'accès à la salle des pompes n'est pas restreint)
Batteries	Le niveau d'électrolyte dans les batteries
	Les cosses de la batterie ne sont pas corrodées
	L'indicateur lumineux de présence de tension des batteries est allumé et indicateur de défaillance est éteint

ANNEXE E

Fiche technique de la pompe incendie

 wangyang <small>PROFESSIONAL WATER SOLUTION</small>		Nanjing Wangyang Pumps Co., Ltd Add: No.3 Xiaoqi Road, Xiongzhou Industrial Park, Luhe district, Nanjing, China Tel: 0086-57116860 Mob: 0086-13912908767 Web: www.wypumps.com																																																																
Quotation				Date	2023/6/21																																																													
To: Brahim			From: James E-Mail: james.chen@wypumps.com Cell/Whatsapp:0086-13912908767																																																															
Item	Description	Photo	Model	Performance Parameters	EXW Unit price (USD)	Qty (set)	EXW Total amount (USD)																																																											
1	VERTICAL TURBINE FIRE PUMP		350LJ370-16-350HP	<table border="1"> <tr><td rowspan="20">Materials</td><td>Bowl</td><td>Ductile Iron</td></tr> <tr><td>Bowl Bearing</td><td>NBR</td></tr> <tr><td>Suction Bell</td><td>Ductile Iron</td></tr> <tr><td>Suction Bell Bearing</td><td>Bronze</td></tr> <tr><td>Impeller</td><td>304SS</td></tr> <tr><td>Impeller Collect</td><td>304SS</td></tr> <tr><td>Bowl Shaft</td><td>416SS</td></tr> <tr><td>Column Pipe</td><td>ASTM A53 SCH40</td></tr> <tr><td>Lineshaft</td><td>416SS</td></tr> <tr><td>Spider</td><td>Cast Iron</td></tr> <tr><td>Lineshaft Bearing</td><td>NBR</td></tr> <tr><td>Lineshaft Coupling</td><td>Carbon Steel</td></tr> <tr><td>Stuffing Box</td><td>Ductile Iron</td></tr> <tr><td>Stuffing Box Gland</td><td>304SS</td></tr> <tr><td>Stuffing Box Bearing</td><td>Bronze</td></tr> <tr><td>Shaft Sealing</td><td>Gland Packing</td></tr> <tr><td>Head Shaft</td><td>416SS</td></tr> <tr><td>Discharge Head</td><td>Fabricated Steel</td></tr> <tr><td>Suction Strainer</td><td>304SS</td></tr> <tr><td>Fasteners</td><td>304SS</td></tr> <tr><td>No. of Stage</td><td colspan="2">13</td></tr> <tr><td>Outlet</td><td>250</td><td>mm</td></tr> <tr><td>Flow</td><td>1220</td><td>US gpm</td></tr> <tr><td>Head</td><td>239</td><td>mitr</td></tr> <tr><td>Total Pump Length</td><td>4563</td><td>mm</td></tr> <tr><td>Motor</td><td colspan="2">VHS/Nema Standard 400V/3PH/50HZ/350HP/1500RPM/WP1/F/SF 1.15</td></tr> </table>	Materials	Bowl	Ductile Iron	Bowl Bearing	NBR	Suction Bell	Ductile Iron	Suction Bell Bearing	Bronze	Impeller	304SS	Impeller Collect	304SS	Bowl Shaft	416SS	Column Pipe	ASTM A53 SCH40	Lineshaft	416SS	Spider	Cast Iron	Lineshaft Bearing	NBR	Lineshaft Coupling	Carbon Steel	Stuffing Box	Ductile Iron	Stuffing Box Gland	304SS	Stuffing Box Bearing	Bronze	Shaft Sealing	Gland Packing	Head Shaft	416SS	Discharge Head	Fabricated Steel	Suction Strainer	304SS	Fasteners	304SS	No. of Stage	13		Outlet	250	mm	Flow	1220	US gpm	Head	239	mitr	Total Pump Length	4563	mm	Motor	VHS/Nema Standard 400V/3PH/50HZ/350HP/1500RPM/WP1/F/SF 1.15		25,800	1	25,800
Materials	Bowl	Ductile Iron																																																																
	Bowl Bearing	NBR																																																																
	Suction Bell	Ductile Iron																																																																
	Suction Bell Bearing	Bronze																																																																
	Impeller	304SS																																																																
	Impeller Collect	304SS																																																																
	Bowl Shaft	416SS																																																																
	Column Pipe	ASTM A53 SCH40																																																																
	Lineshaft	416SS																																																																
	Spider	Cast Iron																																																																
	Lineshaft Bearing	NBR																																																																
	Lineshaft Coupling	Carbon Steel																																																																
	Stuffing Box	Ductile Iron																																																																
	Stuffing Box Gland	304SS																																																																
	Stuffing Box Bearing	Bronze																																																																
	Shaft Sealing	Gland Packing																																																																
	Head Shaft	416SS																																																																
	Discharge Head	Fabricated Steel																																																																
	Suction Strainer	304SS																																																																
	Fasteners	304SS																																																																
No. of Stage	13																																																																	
Outlet	250	mm																																																																
Flow	1220	US gpm																																																																
Head	239	mitr																																																																
Total Pump Length	4563	mm																																																																
Motor	VHS/Nema Standard 400V/3PH/50HZ/350HP/1500RPM/WP1/F/SF 1.15																																																																	
1. Brand: Nanjing Wangyang Pumps Co., Ltd																																																																		
2. Payment term: T/T (30% advanced payment and pay the rest before shipment)																																																																		
3. Packing: Plywood case																																																																		
4. Place of Delivery: Nanjing																																																																		
5. Delivery: 60 days after receiving the deposit																																																																		
6. Warranty period: One year under normal operation from the shipment date.																																																																		
7. Quotation validity: 30 days.																																																																		

Pump Data Sheet - Turbine 50 Hz

Company: WY Pumps
 Name: James
 Date: 06/25/2023

Customer: Brahim



Pump:

Size: 350LJC370-16 (stages: 13)
 Type: Lineshaft
 Synch Speed: 1500 rpm
 Dia: 9.5625 in

Dimensions:
 Suction: ---
 Discharge: ---
Vertical Turbine:
 Eye Area:
 Bowl Size: 13.6 in
 Max Lateral: 1.25 in
 Thrust K Factor: 16.2 lb/ft

Fluid:

Name: Water
 SG: 1
 Density: 62.4 lb/ft³
 Viscosity: 1.1 cP
 Temperature: 60 °F

Vapor Pressure: 0.256 psi a
 Atm Pressure: 14.7 psi a
 Margin Ratio: 1

Search Criteria:

Flow: 1220 US gpm
 Head: 786 ft

Pump Limits:

Temperature: ---
 Wkg Pressure: ---
 Sphere Size: 1.06 in

Motor:

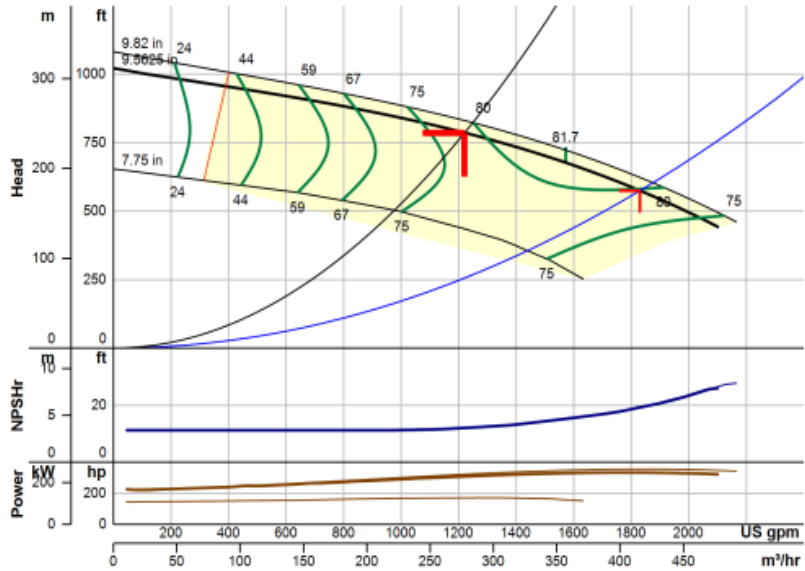
Standard: NEMA
 Enclosure: WPI
 Frame: 5006
 Sizing Criteria: Max Power on Design Curve

Size: 350 hp
 Speed: 1500 rpm

Pump Selection Warnings:

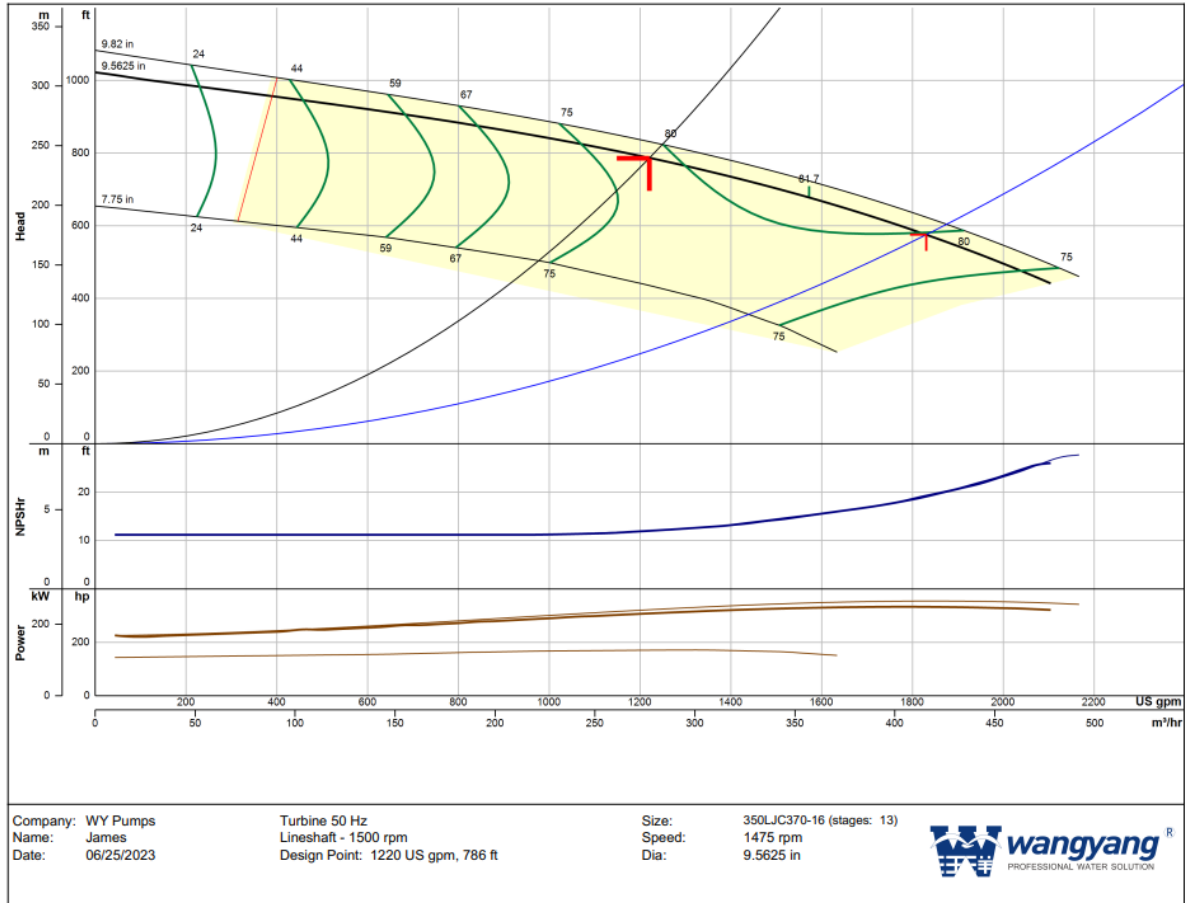
None

--- Duty Point ---	
Flow:	1220 US gpm
Head:	787 ft
Eff:	78.6%
Power:	308 hp
NPSHr:	12 ft
Speed:	1475 rpm
--- Design Curve ---	
Shutoff Head:	1022 ft
Shutoff dP:	443 psi
Min Flow:	393 US gpm
BEP:	81.7% @ 1572 US gpm
NOL Power:	333 hp @ 1778 US gpm
--- Max Curve ---	
Max Power:	355 hp @ 1863 US gpm



Operating Points:

Data Point	Speed rpm	Flow US gpm	Head ft	NPSHr ft	Efficiency %	Power hp	Min Flow US gpm
Primary	1475	1220	787	12	78.6	308	393
1	1475	1830	575	19.2	79.8	333	393



Le choix de la pompe diesel à partir du tableau fournis par le constructeur

Modelo Modelo Modèle	485Z	490NZ	498Z	4102Z	4105Z	4108Z	490T	4108T	4108TL	6102NT	6102T	6102TL	6126T	6126TL	6126TS
Type Tipo Type	Direct Injection, 4 strokes, Water-cooling Inyección directa, 4 carreras, refrigeración por agua Injection directe, 4 temps, refroidissement par eau														
Intake Type Tipo de aspirada Type d'admission	Turbo-charging/Turbocarga/Turbo-charge									Naturally	Turbo-charging/Turbocarga/Turbo-charge				
Bore*Stroke(mm) Diámetro*Carrera(mm) Alésage * Course(mm)	85*100	90*100	98*105	102*118	105*118	108*118	90*102	108*125	108*125	102*118	102*118	102*118	126*130	126*130	126*155
Cylinder No. Cilindro No. N° de cylindre	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
Displacement Desplazamiento Déplacement	2.27L	2.54L	3.168L	3.857L	4.087L	4.324L	2.6L	3.8L	3.8L	5.78L	5.78L	5.78L	9.726L	9.726L	9.726L
r/min	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Rated kW kW nominal kW nominale	44KW	50KW	60KW	73KW	75KW	83KW	55KW	75KW	90KW	110KW	125KW	165KW	200KW	250KW	300KW
Rated HP HP nominal HP nominale	60HP	68HP	81HP	99HP	102HP	113HP	75HP	100HP	125HP	150HP	170HP	225HP	270HP	340HP	410HP
Fuel Consumption(g/kw.h) El consumo combustible Consommation carburant	228	228	228	238	238	238	228	218	218	229	229	229	250	250	250
Start Voltage Voltaje de inicio Tension de démarrage	12V	12V	12V	24V	24V	24V	12V	24V	24V	24V	24V	24V	24V	24V	24V
Speed regulation type Tipo regulación Type régulation vitesse	Mechanical/Mecánico/Mécanique													Electronic Electrónico Électronique	
Including Incluso Comprenant	Radiator, Fan, Starter, charge alternator, Air filter, Muffler, Stop Solenoid, PTO shaft, Fuel Tank, Meter Panel Radiador, ventilador, arrancadora, alternador carga, filtro aire, silenciador, Solenoide parada, eje toma fuerza, tanque combustible, panel medidor Radiateur, ventilateur, démarreur, alternateur charge, filtre air, silencieux, solénoïde d'arrêt, arbre prise force, réservoir carburant, panneau compteur														