



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن احمد
Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de maintenance et de sécurité industrielle

Département : SECURITE INDUSTRIELLE ET ENVIRONNEMENT

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de master

Filière : HYGIENE ET SECURITE ET ENVIRONNEMENT

Spécialité : SECURITE PREVENTION / INTERVENTION

Thème

**Calcul du réseau eau incendie de la zone de
stockage du complexe GP1Z**

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom : Guira

Prénom : Sami

Nom : Bekkaoui

Prénom : Ahmed

Devant le jury composé de

Noms et prénoms	Grade	Établissement	Qualité
Dr Hebbar Chafika	MCA	IMSI	Président
Dr Talbi Zahera	MCB	IMSI	Encadreur
Mr Boudjema Yassine	MAA	IMSI	Examineur

Année 2018/2019

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance.

On voudrait tout d'abord adresser toutes nos gratitudee à la directrice de ce mémoire, Mme Talbi Zahéra, enseignante à l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

On désire aussi remercier les professeurs et enseignants de l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

On tient à remercier spécialement Mr Benmohamed Abdelkader, chef de section au département HSE au complexe GP1/Z Sonatrach Bethioua qui fut le premier à nous faire découvrir le sujet qui a guidé notre mémoire, en tant que notre maître de stage pour le temps passé ensemble et le partage de son expertise.

Nous aimerons aussi gratifier les efforts de Mr Mekkika Chef de quart HSE au complexe GP1/Z et Mr Grada Houssem qui ont eu l'amabilité de répondre à nos questions et de fournir les explications nécessaires.

À tout le personnel du complexe GP1/Z pour leur accueil et leur aide tout au long de la Réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent ensuite aux membres du jury qui m'ont fait l'honneur de participer à ma soutenance.

On voudrait exprimer nos reconnaissances envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de nos démarches.

Nous ne pouvons oublier de remercier tous les membres de nos familles pour leurs soutiens et leurs encouragements, particulièrement nos parents.

Table des matières

Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Liste des symboles	
Liste des symboles grecs	
Introduction générale	11

CHAPITRE I : Le complexe GP1Z

I.1 Historique	2
I.2 Présentation du complexe	2
I.2.1 Objectif de complexe GP1/Z.....	2
I.2.2 Situation géographique et voisinage du complexe GP1/Z	2
I.2.3 Organisation Du Complexe GP1/Z	3
I.2.4 Les Caractéristiques Du Complexe GP1/Z	4
I.2.5 Les Principales Installations Du Complexe GP1/Z.....	6
I.2.6 Description de système de production	7
I.3 Le Département Sécurité	12
I.3.1 Service Prévention	12
I.3.2 Service Intervention	13
I.3.3 Service Surveillance des installations :	14

CHAPITRE II : Description du réseau eau anti incendie

Introduction.....	16
II.1 Principes de fonctionnement	16
II.2 Approvisionnement en eau de mer	16
II.3 Installation de pompage	17
II.3.1 Les pompes électriques	17
II.3.2 Les pompes diesel	17
II.3.3 Les pompes jockey	17
II.3.4 La pompe d'un incendie de petite envergure	17
II.4 Le système déluge.....	18
II.4.1 Les bacs.....	18
II.4.2 Les sphères	19

II.4.3 Les colonnes fractionneurs du procès	20
II.4.4 Dééthaniseur du process	21
II.4.5 La colonne dépentaniseur	21
II.5 Le rideau d'eau	21
II.5.1 Les fours	21
II.5.2 Les abris du compresseur de réfrigération	22
II.5.3 Les jetées (D1 et M6)	23
II.6 Accessoires de la tuyauterie du réseau d'incendie	24
II.6.1 Les Vannes de sectionnement	24
II.6.2 Les Clapets anti-retour	24
II.6.3 Les Indicateurs de pression	25
II.6.4 Les armoires d'incendie	25
II.7 Les prises d'eau	25
II.7.1 Hydrants (BI/PI).....	26
II.7.2 Les R.I.A (robinet d'incendie armé)	27
II.7.3 Les lances monitors	27
II.8 Circuit de refroidissement	27
II.9 Circuit de pré mélange	28
II.10 Unité de stockage et dosage d'émulseur (USD).....	28
II.11 Les différents systèmes de protection	31
II.11.1 Système de protection par installation fixe.....	31
II.11.2 Système de protection par installation mobile	31
II.11.3 Système de détection.....	33
II.11.4 Protection par mousse	34
II.12 Norme et codes	35
II.12.1 Définition NFPA.....	35
II.12.2 Réglementation applicable au complexe	35

CHAPITRE III : Dimensionnement du réseau eau anti incendie

Introduction.....	37
III.1 Généralités	37
III.1.1 Vitesse d'écoulement	37
III.1.2 Régime d'écoulement	37

III.1.3 Viscosité.....	39
III.1.4 Rugosité	39
III.1.5 Équation de Bernoulli	39
III.2 Pertes de charge	40
III.2.1 Pertes de charge linéaires.....	40
III.2.2 Pertes de charge singulières	40
III.3 L'équation expérimental Hazen-Williams.....	41
III.3.1 Relation entre le débit et la perte de charge (H) dans une conduite	43
III.3.2 L'équation de Darcy-Weisbach	44
III.3.3 Analyse des réseaux	45
III.4 Méthode de Hardy-Cross.....	45
III.4.1 Principe de la méthode Hardy-Cross	45
III.4.2 Les étapes de la méthode Hardy-Cross.....	49
Conclusion	55

CHAPITRE IV : Partie pratique

Introduction.....	57
IV.1 Étude du premier scénario	57
IV.2 Étude du deuxième scénario.....	58
IV.3 Étude du réseau de conduites du système eau incendie du complexe :.....	60
IV.3.1 Résultats de calcul pour le scénario 1	62
IV.3.2 Résultat de calcul pour le scénario 2.....	64
Conclusion générale.....	68
Références bibliographiques.....	69
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau II.1: conditions de démarrage des pompes.	18
Tableau II.2: caractéristiques des jetées.	23
Tableau II.3 : Comparatif Poteau Incendie / Bouche Incendie.	26
Tableau II.4 : Système de protection par installation fixe du complexe GP1Z.	31
Tableau II.5 : Caractéristiques du camions à mousse.	31
Tableau II.6 : Caractéristiques du camion poudre.	32
Tableau II.7 : Capacité camion à eau.	32
Tableau II.8 : Caractéristiques véhicule polyvalents.	32
Tableau III.1: Valeur du CHW selon le matériau.	42
Tableau III.2: Résultats de calcul de la constante K et des pertes de charge H.	52
Tableau III.3: Résultats de calcul de la somme des (H/Q).	53
Tableau III.4: Résultat de calcul de la correction ΔQ	54
Tableau III.5 : Résultats des débits finaux et des PDC dans chaque tronçon.	54
Tableau IV.1 : Quantité d'eau dans les couronnes du bac T07.	58
Tableau IV.2 : Caractéristiques géométriques de chacun des tronçons.	62
Tableau IV.3: Résultats obtenus selon le scénario 1.	63
Tableau IV.4 : Débits et vitesses dans les conduites.	64
Tableau IV.5 : Répartitions des débits dans les tronçons.	65
Tableau IV.6: Les résultats obtenus pour le scénario 2.	66
Tableau IV.7 : Les résultats des vitesses obtenus.	67

Liste des figures

Figure I.1 : Vue Satellite du complexe GP1/Z (d'après Google Map).....	3
Figure I.2 : L'organisation du complexe GP1/Z.....	4
Figure I.3 : Description de procédure de production.....	11
Figure I.4 : Organisation du département sécurité.....	12
Figure II.1 : sphère de charge	19
Figure II.2 : Les vannes de sectionnement de réseau d'incendie.	24
Figure II.3 : Les buses.	27
Figure II.4 : Unité a mousse 05-M-0701.	29
Figure II.5 :Unité à mousse 31-M-0702.	29
Figure II.6 : Unité à mousse 08-M-0701/0702.....	30
Figure II.7 : Camion à poudre.	32
Figure II.8 : Camion de 1er secours.	33
Figure II.9 : Camion à mousse.	33
Figure III.1 : Représentation d'une maille.	46
Figure III.2 : Schéma d'une maille simple.....	51
Figure III.3 : Schéma d'une réparation des débits.	51
Figure IV.1 : Schéma du réseau eau incendie (section stockage).....	60
Figure IV.2 : Schéma du réseau eau incendie des bacs T07 et T08 selon le scénario1...61	
Figure IV.3 : Schéma du réseau eau incendie des bacs T07 et T08 selon le scénario2...65	

Liste des abréviations

Abréviation	Définition
SONATRACH	Société Nationale de Transport et Commercialisation des hydrocarbures
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
LCR	Local Control Room
JCR	Join Control Room
CCR	Camion Control Room
SCR	Security Control Room
GN	Gaz Naturel
BOG	Boil- Off- Gaz
LQS	Liquéfactions et séparation
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
JIS	Japanese Industrial Standard
NFPA	National Fire Protection Association
API	American Petroleum Institute
ANSI	American National Standards Institute

Liste des symboles

Symbole	Définition	Unité (SI)
V	Vitesse d'écoulement	[m/s]
Q_v	Débit volumique	[m ³ /s]
D	Diamètre de la conduite	[m]
Pa	Puissance absorbée par la pompe	[W]
ΔH	Perte de charges totale	[m]
JHL	Pertes de charge linéaire	[m]
JHS	Pertes de charge singulière	[m]
JPL	Pertes de charge linéaire	[Pa]
JPS	Pertes de charge singulière	[Pa]
L	Longueur de la conduite	[m]
G	Accélération de la pesanteur	[m/s ²]
CHW	Coefficient de Hazen-Williams	[-]
Rh	Rayon hydraulique	[m]
S'	la perte de charge par unité de longueur	[-]
ΔQ	Valeur de correction des débits	[l/s]
ΣH	Somme des pertes de charge	[m]
K	Coefficient propre à chaque tronçon	[-]

Liste des symboles grecs

Symbole	Définition	Unités (SI)
ρ	Masse volumique de l'eau	[kg/m ³]
ξ	Coefficient de pertes de charge singulière	[-]
λ	Coefficient de pertes de charge linière	[-]

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le risque d'incendie est le souci majeur des entreprises et contrairement à d'autres agents de détérioration, le feu peut causer des dommages graves et parfois irréparables à l'édifice ainsi que des interruptions majeures aux activités qui s'y déroulent et aux services qui y sont offerts, il peut également causer des blessures, et même la mort, chez les personnes. Il est donc important d'accorder la plus haute priorité possible à la prévention et à la lutte contre les incendies. Par conséquent, il faut consacrer tous les efforts possibles à limiter les risques qu'un incendie survienne et à réduire au minimum ces incidences. Si le coût de tels efforts peut sembler prohibitif, celui de l'inaction peut l'être encore plus!

Pour la protection contre les scénarios d'incendie, on utilise dans les installation gaz/huile un réseau fixe anti incendie pour objectif de contrôler ou limiter la propagation d'un incendie, contribuer à la protection de la vie humaine et réduire ou limiter les dommages causés aux : équipements de procédés, équipement de stockage, tuyauterie, et aux équipements de services inflammables.

Le travail est organisé comme suit :

Le premier chapitre présente le complexe GP1Z Bethioua et décrit brièvement son processus.

Le deuxième chapitre, sera consacré à la description du réseau anti-incendie ainsi que les différents systèmes de protection existants au complexe GP1Z.

Dans le troisième chapitre, on expose les notions de base en hydraulique (vitesse d'écoulement, perte de charges, ...), ensuite nous passerons à la démonstration des formules de Hazen-Williams et Hardy-Cross

Le quatrième chapitre comporte la partie pratique de notre mémoire, où nous allons étudier deux scénarios :

- Calcul de quantité d'eau pour le refroidissement d'un bac.
- Calcul de quantité d'eau pour un déversement complet de produit liquéfié au niveau du bac et un feu de cuvette de rétention.

Ensuite nous passerons au résultat de calcul des paramètres hydraulique obtenus avec le logiciel EXCEL, par la suite on les compare aux normes en vigueur.

CHAPITRE I

Le complexe GP1/Z

Historique

Présentation du Complexe

Caractéristiques du Complexe

Les principales installations

Description du système de production

Le département sécurité

I.1 Historique [1]

Le complexe GP1/Z fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité LQS de l'entreprise nationale SONATRACH. Il est situé à la centrale thermoélectrique de Mers El Hadjaj à l'Est, et les complexes de GNL à l'ouest et qui s'étend sur une superficie de 120 hectares. Il a été construit avec le concours d'un consortium japonais IHI-ITOCHU dans le cadre d'un contrat clé en main, en trois phases de construction, la première a été réceptionnée le 02 septembre 1984, la deuxième phase le 20 novembre 1998 et la troisième phase le 24 Février 2010.

En 1983 le complexe disposait de quatre trains de traitement GPL qui lui permettait produire 4.8 millions de tonnes par ans et suit à une acquisition de deux trains supplémentaires (extension du complexe en 1998) cette production a augmenté pour atteindre 7,2 millions de tonnes par an. Après le démarrage de la troisième phase, la production est estimée à 10,8millions de tonnes par an.

Le complexe a pour objectif, le traitement d'une charge GPL brut en provenance des différents champs situés au Sud Algérien afin de produire du Propane et Butane dessinés au marché national et international, il est dénommé JUMBO-GPL pour ses grandes capacités de production.

I.2 Présentation du complexe [1]

I.2.1 Objectif de complexe GP1/Z

L'objectif du complexe construit dans la zone industrielle d'Arzew est le traitement du GPL venant de plusieurs sources du sud algérien (Hassi Messaoud, Hassi R'mel) pour la production des gaz « Propane » et « Butane » liquéfiés.

Le complexe GP1/Z est dénommé JUMBO-GPL pour ces grandes capacités de production.

I.2.2 Situation géographique et voisinage du complexe GP1/Z

Le complexe GP1Z est situé sur le littoral de l'ouest algérien, à 40KM approximativement de la ville d'Oran et à 8KM de la ville d'Arzew.

Le complexe est de superficie de 120 hectares, est situé dans la zone industrielle d'Arzew; entre le centre thermique Marsa El Hadjaj de la coté este et les complexes GNL

de liquéfaction du gaz naturel (GL4/Z, le complexe d'ammoniac et les complexes (GP2/Z, GL1/Z, GL2/Z) du côté ouest.



Figure I.1 : Vue Satellite du complexe GP1/Z (d'après Google Map).[1]

I.2.3 Organisation Du Complexe GP1/Z

Le complexe GP1/Z est géré suivant un organigramme bien déterminé de façon à bien maîtriser les tâches, il est composé d'une direction générale, de deux sous-directions et des départements de contrôle, comme le montre l'organigramme suivant :

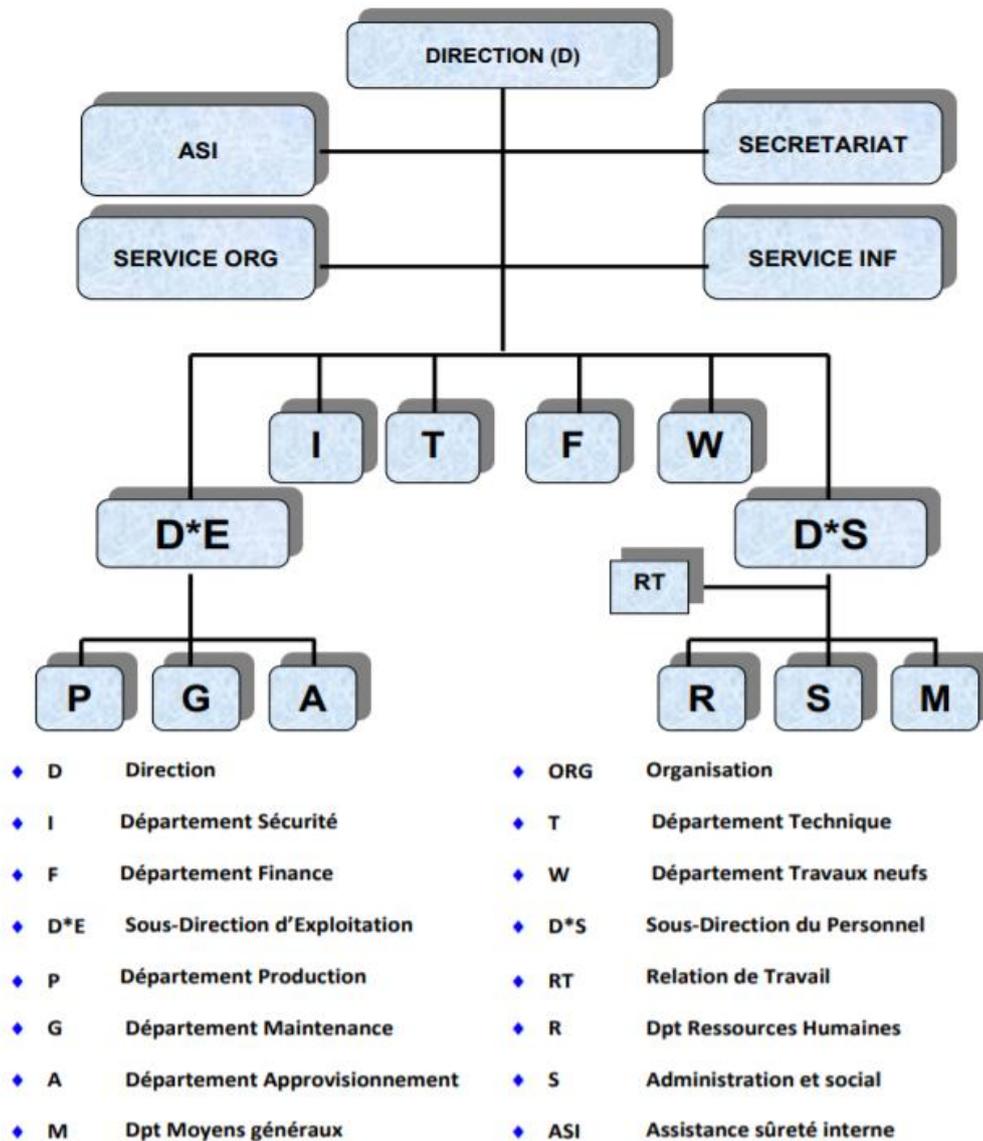


Figure I.2 : L'organisation du complexe GP1/Z.

I.2.4 Les Caractéristiques Du Complexe GP1/Z

L'usine comprend les principales zones suivantes :

A- Zone Procès : Elle comprend Neuf (09) Trains de production dont trois nouvellement installés.

Chaque train comprend les sections suivantes :

- Une (01) Section de déshydratation.
- Une (01) Section de séparation.
- Une (01) Section de réfrigération.
- Une (01) Section Huile chaude.

B- Zone utilité : Cette zone sert à fournir les énergies nécessaires pour le fonctionnement de l'usine tel que :

- Production d'eau distillée.
- Production de la vapeur d'eau.
- Production d'air comprimé.
- Une alimentation en azote.
- Une alimentation en gaz naturel.
- Une alimentation en méthanol.
- Une alimentation en carburant diesel.
- Un générateur de secours.

Et elle comprend :

- Section de stockage de la charge GPL composée de 22 sphères et un système de filtration de la charge brute de GPL.
- Quatre (04) Chaudières d'une capacité unitaire de 10t/h.
- Deux (02) dessaleurs de 10t/h chacun.
- Trois (03) Sections de production d'air comprimé.
- Six (06) Générateurs assurant l'énergie de secours du complexe.
- Une (01) section d'azote.
- Trois (03) sections de distribution de gaz naturel.

C- Zone Stockage Et Chargement :

- Produits réfrigérés : Le propane et le butane réfrigérés sont stockés respectivement à -42°C et -5°C dans quatre bacs chacun, d'une capacité unitaire de 70 000 m³.

Le Chargement de ces produits est assuré par deux quais de chargement pouvant recevoir des GPL d'une capacité de 3 000 à 50 000 tonnes. Chaque quai est doté de Trois (03) bras de chargement.

- ✓ Un bras (01) retour vapeur (Boil Off).
- ✓ Un Bras (01) de sautage.

- Produits ambiants : Le propane et le butane sont stockés à température ambiante dans quatre (04) sphères, d'une capacité unitaire de 500 m³. Le pentane est aussi stocké dans une sphère de 500 m³.

Le chargement de ces produits est assuré par une rampe de chargement camions qui est dotée de :

Butane :

- ✓ Trois (03) bras de chargement.
- ✓ Trois (03) bras retour vapeur (Boil Off).

Propane :

- ✓ Deux (02) bras de chargement.
- ✓ Deux (02) bras retour vapeur (Boil Off).

Pentane :

- ✓ Un (01) bras de chargement.
- ✓ Un (01) bras retour vapeur (Boil Off).

Un (01) Pipe Arzew - Sidi Bel abbés -Tlemcen connu sous le nom de AST est entré en service le 14/10/2005 pour alimenter à partir du complexe GP1Z les trois wilayas en butane ambiant vrac à raison de 125 m³ par heure.

D- Installations de Contrôle et sécurité :

Le complexe est doté de :

- Une (01) Salle de contrôle principale pour le contrôle des installations de production.
- Une (01) Salle de contrôle locale pour le stockage (LCR).
- Une (01) Salle de contrôle locale pour les expéditions par navires (JCR).
- Une (01) salle de contrôle locale pour les expéditions par camions (CCR).
- Une (01) Salle de contrôle sécurité (SCR).

E- Annexes :

- Un atelier de maintenance.
- Un magasin approvisionnement.
- Un centre de formation.

I.2.5 Les Principales Installations Du Complexe GP1/Z

- Vingt-deux (22) sphères de la charge de GPL.
- Neufs (9) trains de traitement GPL.
- Deux (2) unités de reliquéfaction du gaz évaporé.

- Deux (2) sous station électrique alimentée par SONELGAZ.
- Trois (3) générateurs de secours pour assurer l'énergie en cas de coupure de courant.
- Trois (3) bacs de Stockage de propane à basse température.
- Trois (3) bacs de stockage de butane à basse température.
- Quatre (4) sphères de stockage de produit à température ambiante (propane, butane).
- Une (1) station de pomperie eau de mer pour le réseau d'incendie.
- Deux (2) quais de chargement (jetées D1 et M6).
- Une (1) rampe Pour chargement camions.

I.2.6 Description de système de production

Le GPL venant de l'extérieur est stockés 22 réservoirs sphériques dans la section de stockage, ensuite est acheminé vers six trains de procédés qui fonctionnent d'une façon parallèle et chaque train passe par les différentes étapes suivantes :

❖ Section déshydratation [2]

La section de déshydratation se compose de 3 sections appelées « Déshydrateurs ». Le but de cette section est de réduire la teneur d'eau dissoute dans le GPL de 100 ppm à 5 ppm, pour éviter le problème de givrage dans les équipements au niveau de la section de réfrigération. Cette dernière comprend trois colonnes d'adsorption (sécheur) à tamis moléculaires, à tout instant on a une colonne en service (en adsorption), l'autre en régénération et la dernière en attente. Le GPL passe dans le sécheur qui est en adsorption du bas vers le haut, l'humidité est extraite lors du passage du GPL à travers les tamis moléculaires. La durée de cette opération est de 36 heures, une fois cette durée dépassée le sécheur passe automatiquement en régénération, cette dernière comprend les séquences suivantes :

✓ **Drainage** : (durée 1h)

La vidange du sécheur se fait par l'injection du gaz naturel sous une pression de 20 kg/cm². Le GPL restant est acheminé vers les sphères de charge.

✓ **Dépressurisation** : (durée 30 min)

Afin de préparer la colonne à la séquence de réchauffage, il convient de réduire la pression du sécheur de 20 kg/cm² à 3 kg/cm² et cela se fait par l'évacuation de GN contenu dans le sécheur vers la section fuel gaz.

✓ **Réchauffage** : (durée 11h)

Le réchauffage se fait par le GN chauffé dans le four à une température de 280°C, il passe dans le sécheur de haut en bas pour évaporer l'eau contenue dans les tamis moléculaires.

✓ **Refroidissement** : (durée 5h)

Le sécheur étant chaud après la séquence de réchauffage, il est refroidi par le GN porté à une température de 12 à 45 °C, le gaz chaud passe à travers l'aéro-réfrigérant et le ballon séparateur puis envoyé vers la section fuel gaz.

✓ **Pressurisation** : (durée 30 min)

Avant le remplissage de la colonne par le GPL, il faut avoir sa pression de service qui est de 20 kg/cm², cette opération se fait par l'introduction de GN à haute pression pour éviter une détente brusque du GPL.

✓ **Remplissage** :

Cette opération consiste à mettre le sécheur en attente.

❖ **Section de séparation [3]**

C'est la section qui assure la séparation de GPL en deux produits finis propane et butane, en plus de très faibles quantités d'éthane et de pentane. Le GPL déshydraté avant de passer au fractionnateur il doit être porté à sa température d'ébullition (71°C), en passant à travers trois préchauffeurs (échangeur de chaleur), le premier est chauffé par le produit de fond du dééthaniseur, le second par les produits de fond du fractionnateur et le dernier par l'huile chaude provenant du four.

Le GPL ainsi préchauffé à 71 °C passe directement dans le fractionnateur (c'est une colonne de distillation constituée de 55 plateaux à clapets) où il est séparé en (propane + éthane) en tête de colonne et en (butane + pentane) au fond de la colonne. Les produits de tête de colonne sont condensés et récupérés au niveau du ballon de reflux.

Les produits de fond de colonne sortent à une température de 110°C, préchauffent la charge GPL et passent vers le dépentaniseur.

✓ Dééthaniseur :

Dans le but de produire du propane commercial plus au moins pur. Les produits de tête de colonne passent au dééthaniseur, ce dernier est une colonne de fractionnement équipée de 25 plateaux à clapets. L'éthane sort de la tête de colonne, alors que le propane sort du fond de la colonne à une température de 62 °c. IL se dirige directement vers le premier préchauffeur de fractionnateur.

✓ Dépentaniseur :

Il existe un seul dépentaniseur commun pour les 06 trains, son rôle est d'éliminer les traces de pentane contenues dans le butane.

Le dépentaniseur est une colonne constituée de 50 plateaux à clapets.

❖ **Section de Réfrigération [4]**

Le but de cette section est de refroidir les produits finis à leur température de stockage (-42°C pour le propane et -9°C pour le butane).

Le fluide utilisé comme réfrigérant est le propane pur, celui-ci est contrôlé à haute, moyenne et basse pression, il est évaporé dans les échangeurs de chaleur, cette évaporation provoque l'abaissement de température du produit à réfrigérer ; Le propane ainsi évaporé est de nouveau comprimé et liquéfié par le condenseur.

❖ **Section de l'huile chaude [5]**

Cette section est utilisée comme source de chaleur pour le troisième préchauffeur, les rebouilleurs et finalement pour le gaz naturel de régénération utilisé à la section de déshydratation. L'huile sort du four à une température de 180°C.

❖ **Section De Stockage et Expédition**

On distingue deux types de stockage :

✓ **Section de stockage à basse température** : sont destinés pour le marché international :

- Quatre (04) bacs pour le Propane de 70 000 m³ chacun.
- Quatre (04) bacs pour le Butane de 70 000 m³ chacun.

✓ **Section de stockage à température ambiante** : sont destinés pour le marché national.

- Une sphère (01) pour le Propane de 500 m³ chacune.
- Trois sphères (03) pour le Butane de 500 m³ chacune.
- Une sphère (01) pour le pentane de 500 m³ chacune.

Le service Stockage et Expédition chapote trois zones :

✓ **BOG (Boil- Off- Gaz)** :

C'est une zone de récupération qui sert à reliquéfier les gaz d'évaporation provenant des différentes capacités (bacs de stockage de produits, de la section de chargement par navires ainsi que les différentes sections du procès et particulièrement les gaz de détente de la section réfrigération.

Les gaz sont récupérés liquéfiés par pressurisation au moyen des compresseurs (5 pour le propane et 3 pour le butane) et refroidis à travers des aéro-réfrigérants et renvoyés à la section de stockage de produits.

La section BOG se compose de deux ensembles indépendants un pour le propane et un pour le butane.

✓ **Section jetée (CN)** : S'occupe des enlèvements par navire, il y a deux jetées : D1, concernant les petits navires et M6, concernant les grands navires, (on appelle les enlèvements par navire, Post de chargement navire).

✓ **Section Chargement par Camion (CC)** : S'occupe de la gestion des enlèvements par camion au niveau de la rompe de chargement par camion (client NAFTAL et les opérateurs privés).

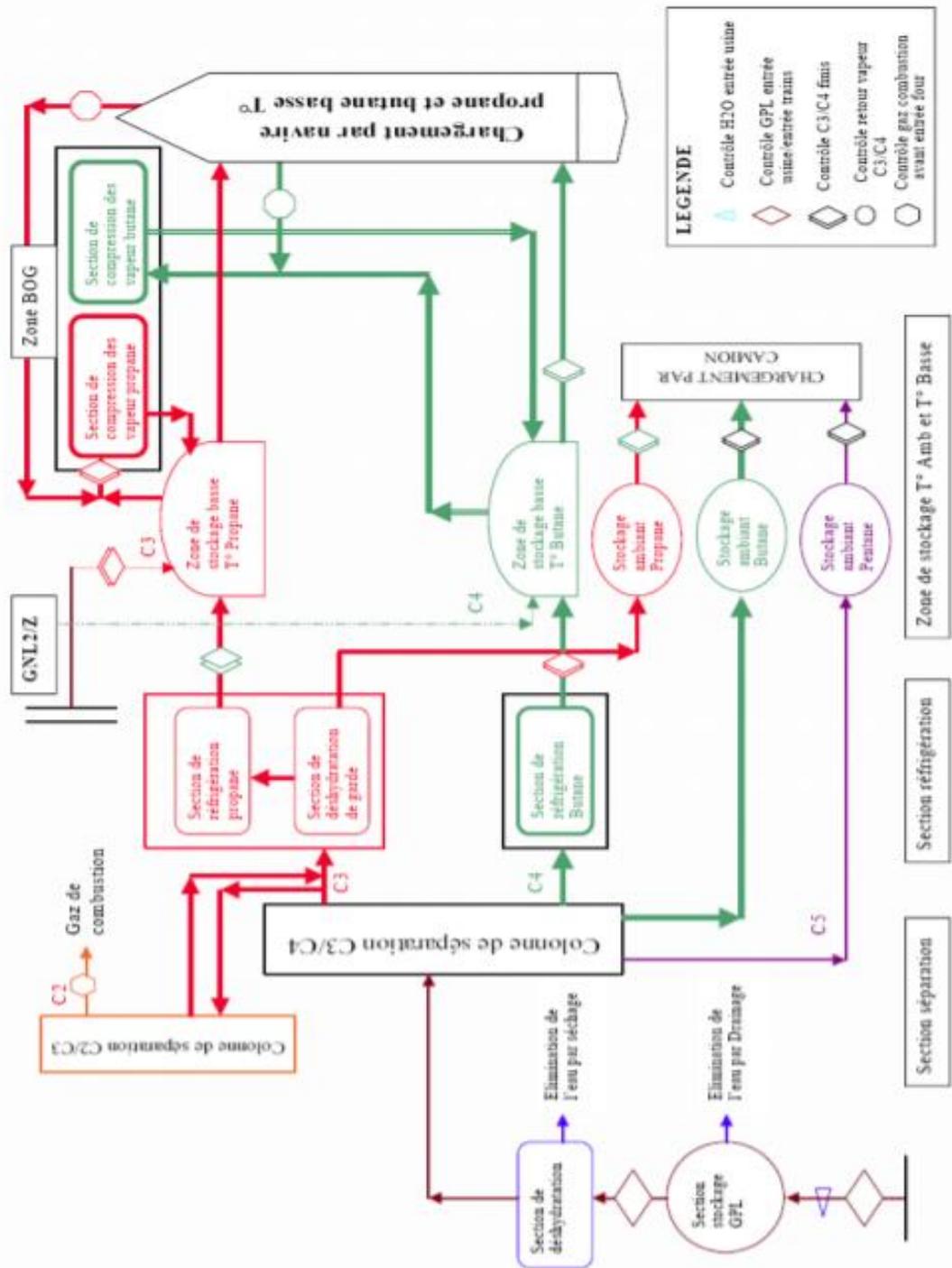


Figure I.3 : Description de procédure de production.

I.3 Le Département Sécurité

L'Organisation Du département de sécurité est illustrée dans la figure ci-dessous

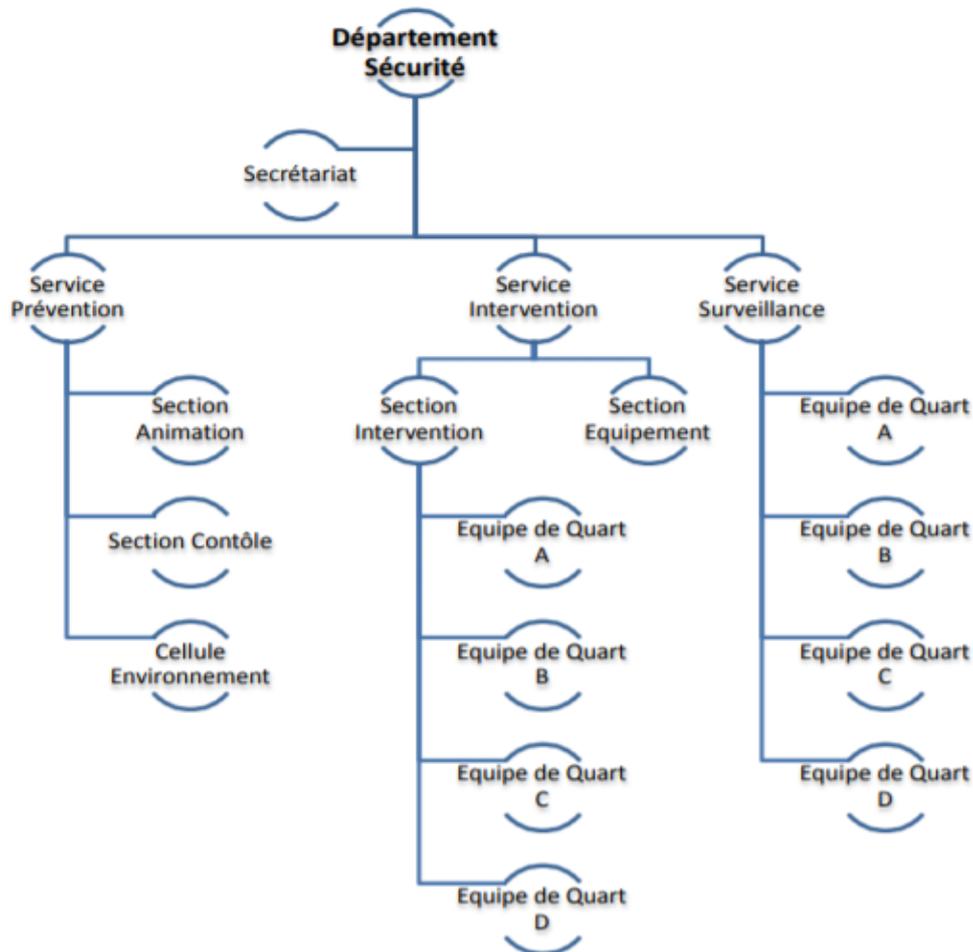


Figure I.1 : Organisation du département sécurité.

I.3.1 Service Prévention : Ses fonctions sont assurées par deux sections et une cellule :

A) La section Formation Et Animation :

Cette section motive la sécurité par :

- Une sensibilisation générale allant de la simple induction à l'induction filière (professionnelle, affichage, formation)
- Une politique d'information et de formation adoptée dans tous les domaines.
- Une analyse des accidents par une méthode qui s'appelle 'arbre de cause pour éviter leur reproduction.
- Une application des lois en vigueur.

B) Section Inspection Et Contrôle :

Comme son mot l'indique, cette section a pour rôle :

- Inspection et contrôle de tous les travaux d'intervention sur les équipements.
- Tous les travaux de réparation ou bien de maintenance doivent être approuvés par le chef de quart, chef de zone et par l'inspecteur de prévention par une élaboration d'un permis de travail selon le type d'intervention souhaitée.

C) Cellule Des Risques Industriels Et Environnement :

Dans le cadre de la politique HSE adoptée par l'entreprise cette cellule a été installée afin de :

- Centraliser l'ensemble des données représentatives de la gestion de l'environnement dans l'entreprise.
- Négocier et coordonner la mise en œuvre de la politique environnementale de l'entreprise.
- Formaliser et diffuser les consignes et procédures de gestion et de contrôle.
- Être l'interlocuteur privilégié pour toute personne de l'intérieur et de l'extérieur de l'entreprise sur le thème de l'environnement.

I.3.2 Service Intervention : Ce service est composé de deux sections par :

A) Section Équipement :

Elle s'occupe de tout ce qui est matériel de sécurité, assurer sa disponibilité toute intervention et le suivi en cas de réparation.

B) Section Intervention :

Cette équipe intervient en cas d'urgence (ex : incendie), elle regroupe quatre équipes toutes les 24 heures gérées par chefs de quart qui sont bien équipés pour intervenir à tout moment.

Cette section est dotée d'une salle de contrôle son but est de :

- Contrôler les équipements sensibles du complexe à travers un système de contrôle à distance (D.C.S) et aussi à travers des caméras installées dans le complexe.
- Intervenir dans les cas d'urgence (incidents).

- S'occupe de l'entretien des équipements et de la sécurité.

I.3.3 Service Surveillance des installations :

Charger de :

- Veiller à l'exécution des rondes systématiques de surveillance et de contrôle sur les installations et d'en informer la hiérarchie en cas d'écarts constatés.
- Assurer le maintien sécuritaire des équipements, lors de ses interventions.

CHAPITRE II

Description du réseau anti incendie

Principe de fonctionnement

Approvisionnement en eau de mer

Installation de pompe

Le système déluge

Le rideau d'eau

Accessoires de la tuyauterie du réseau

Circuit de refroidissement

Circuit de pré mélange

Unité de stockage et dosage d'émulseur

Les différents systèmes de protection

Normes et codes

Introduction

Le système d'eau de lutte contre l'incendie constitue un des systèmes de sécurités les plus importantes de l'usine.

Par conséquent un fonctionnement stable devra être assuré par ce système tant en cas d'urgence qu'en période de maintenance.

Deux lignes principales d'eau de mer sont installées à partir de la station a eau de mer jusqu'aux installations de l'usine et chaque ligne est d'une dimension suffisante pour permettre une capacité de refoulement de 8000 m³/h

Le réseau incendie comporte plusieurs boucles et sont munis de vannes adéquates pour permettre d'isoler n'importe quelle section de l'usine en cours de maintenance sans affecter le reste de l'usine.

II.1 Principes de fonctionnement [6]

C'est un réseau installé pour limiter ou éviter la propagation de l'incendie, minimiser le risque du personnel et réduire les dommages matériels. Autrement dit, le réseau anti incendie est l'ensemble des installations d'hydrauliques fixes qui permettent d'alimenter en débit et en pression les moyens d'application, Il se compose en :

- Sous réseau de production qui comprend les installations de pompage et un système de canalisation qui les relient au sous réseau d'alimentation;
- Sous réseau d'alimentation qui comprend un ensemble de canalisation qui distribue l'eau vers les installations.

II.2 Approvisionnement en eau de mer [6]

La prise de l'eau de mer est située à une distance de 385 mètres de la ligne côtière.

- Construction du bassin : béton armé
- Capacité du bassin : 2200m³
- Aire du bassin : 320 m²

Il existe deux points de prise d'eau :

- La première, à 08 mètres de profondeur.
- Le second à 05 mètres de profondeur.

À l'intérieur du bassin deux filtres sont installés pour empêcher les objets entraînés par la mer à être aspiré par les pompes à eau de mer.

La station de pompage d'eau de mer est située sur le terrain et deux conduites de prise sont installées dont chacune doit satisfaire le débit de 8000 m³/h et doit être situer à 40 mètres de la ligne côtière.

II.3 Installation de pompage [6]

II.3.1 Les pompes électriques

Deux pompes électrique à eau de mer sont installées. Ils sont entraînés par moteur électrique. Chaque pompe a une capacité de 4000 m³/h et une pression de refoulement de 14 bar. En cas d'incendie au niveau des bacs les deux pompes électriques seront mis en service.

II.3.2 Les pompes diesel

Deux pompes diesel à eau de mer sont installés. Ils sont entraînés par moteur diesel, chaque pompe a une capacité de 4000 m³/h et une pression de refoulement de 14 bar. Les deux pompes diesel serviront comme pompes de secours ils ne seront utilisés qu'en l'absence de l'électricité avec une chute de pression.

II.3.3 Les pompes jockey

Deux pompes jockey ayant une capacité de 100 m³/h sont installées une en service et l'autre à l'arrêt. Une de ces pompes fonctionne de façon continue pour maintenir le système d'incendie à 8 bar la deuxième pompe est à l'arrêt elle ne démarre qu'en cas de chute de pression.

II.3.4 La pompe d'un incendie de petite envergure

Une pompe entraîné par un moteur électrique est installée au niveau de la pomperie à eau de mer son utilisation pour la lutte contre un incendie de petite envergure. Cette pompe à une capacité de 200 m³/h et une pression de refoulement de 14 bar.

➤ Les conditions de démarrage automatique des pompes

Désignation	Conditions de démarrage
10-P-0703	La pression sur le réseau baisse à 6 bar
10-P-0701A	10-P-0703 en marche La pression du système est inférieure à 12 bar quelques minutes après le démarrage de la 10-P-0703
10-P-0701B	10-P-0701A en marche La pression du système est inférieure à 12 bar quelques minutes après le démarrage de la 10-P-0701A
10-P-0702A	Panne générale de courant La pression baisse sur le réseau incendie à 6 bar
10-P-0702B	Panne générale de courant 10-P-0702A en marche La pression du système est inférieure à 12bar quelques minutes après le démarrage de la 10-P-0702A

Tableau II.1: conditions de démarrage des pompes. [6]

II.4 Le système déluge [6]

II.4.1 Les bacs

- Le nombre des bacs: 08 (dont 04 bacs pour le stockage du propane et 04 bacs pour le butane).
- Capacité du bac: 70 000 m³.
- Produit stocké : Propane liquide et butane liquide.
- Diamètre extérieur du bac : 45,495 m.
- Hauteur du bac : 43.082 m.
- Débit d'eau min : 03 litres/ min/ m².

Le système de refroidissement par pulvérisation installé au niveau des bacs comprend six couronnes dans chaque bac, chaque couronne est composée de buses.

La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides.

Les brides :

- Dimension : 4"
- Nombre : 128 pièces
- Dimension : 6"

II.4.2 Les sphères

a. Les sphères de charge :

- Le nombre de sphères de charge : 22
- Capacité de la sphère : 1000 m³
- Produit stocké : Gaz pétrolier liquéfié (GPL)
- Diamètre extérieur de la sphère de charge : 12926mm
- Surface extérieure : 525 m²
- Débit d'eau min : 3 litres/min/m²



Figure II.1: sphère de charge.

Le système de refroidissement par pulvérisation installé au niveau des sphères de charge est composé de quatre couronnes, chaque couronne contient des buses.

La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides.

Les brides :

- Dimension : 2"
- Nombre : 48 pièces par sphère.

b. Les sphères des produits finis :

- Le nombre des sphères : 05
- Capacité de la sphère : 500m³
- Produit stocké : propane, butane et pentane
- Diamètre extérieur de la sphère : 10.28m
- Surface extérieur : 332 m²
- Débit d'eau min : 3 litres/min/m²

Le système de refroidissement par pulvérisation installé au niveau des sphères de produits finis est composé de quatre couronnes, chaque couronne contient des buses.

La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides :

Les brides :

- Dimension : 2"
- Nombre : 44 pièces

II.4.3 Les colonnes fractionneurs du procès

- Nombre de colonne : quatre (04), chaque train contient une colonne.
- Débit d'eau : 03 litres/min/m²

Le système de déluge installé au niveau du fractionneur composé de six (06) couronnes, chaque couronne contient des buses. La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides.

Les brides :

- Nuance : A 105 galvanisé
- Dimension : 3"
- Nombre : 35 pièces
- Dimension : 2"
- Nombre : 26 pièces

II.4.4 Dééthaniseur du process

- Nombre de colonne : 04, chaque train contient une colonne
- Débit d'eau : 3 litres/min/m²

Le système de déluge installé au niveau du dééthaniseur composé de quatre (04) couronnes, chaque couronne contient des buses

La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides.

Les brides :

- Nuance : A 105 galvanisé
- Dimension : 2"
- Nombre : 36 pièces

II.4.5 La colonne dépentaniseur

- Nombre de colonne : 01
- Débit d'eau : 03 litres/min/m²

Le système de déluge installé au niveau du dépentaniseur composé de six (06) couronnes, chaque couronne contient des buses

La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides.

Les brides :

- Nuance : A 105 galvanisé
- Dimension : 2"
- Nombre : 72 pièces

II.5 Le rideau d'eau [6]

II.5.1 Les fours

- Le nombre de fours : quatre (04), chaque train contient un four
- La longueur de la pipe : 21.2m
- Diamètre et épaisseur : 6" Sch 40
- Matériaux : A120 Galvanisé

La ligne du rideau d'eau du four est connectée par des brides.

Les brides :

- Nuance : A 105 galvanisé
- Dimension : 6"
- Nombre : 09 pièces par four

Type des buses :

- Buse de rideau d'eau (CUN-150-102)
- Débit= 180 litre/min à 7bar 150litre/min à 5bar
- Quantité : 13 buses simples + 02 buses jumelées par train

II.5.2 Les abris du compresseur de réfrigération

- Le nombre de compresseur quatre (04), chaque train contient un compresseur
- La longueur de la pipe : 37.5m
- Diamètre et épaisseur : 10" Sch 20
- Matériaux : A120 Galvanisé
- La ligne du rideau d'eau de l'abri du compresseur est connectée par des brides.

Les brides :

- Nuance : A 105 galvanisé
- Dimension : 10"
- Nombre : 21 pièces

Type des buses :

Il existe trois (03) types de buses installées au niveau des abris des compresseurs.

Type n°1 :

- Type des buses : jet bâton
- Débit : 180 litres/min à 7 bar

Type n°2 :

- Type des buses : buse plate
- Débit : 360 litres/min à 7 bar

Type n°3 :

- Type des buses : buse plate
- Débit : 120 litres/min à 7 bar

II.5.3 Les jetées (D1 et M6)

Les jetées (D1 et M6) sont protégées par un système à rideau d'eau contre la chaleur dégagée par les navires en cas d'incendie.

La ligne du rideau d'eau de la jetée est connectée par des brides.

- Le débit : 12m³/h par 1 m de rideau d'eau
- La hauteur devra être de 25 m ou plus

Les brides :

- Nuance : A 105 galvanisé
- Dimension : 12"
- Nombre : 16 pièces
- Dimension : 14"
- Nombre : 14 pièces

	Jetée D1	Jetée M6
La longueur de la tuyauterie	40.3 m	43.8 m
Matériau du pipe	A120 galvanisé	A120 galvanisé
Diamètre et épaisseur	12" SCH20	14" SCH20
Modèle de la buse	CUN -5-150 102	CUN -5-150 102
Type de buses du rideau	jet bâton	jet bâton
Quantité	36	40

Tableau II.1 : caractéristiques des jetées. [6]

II.6 Accessoires de la tuyauterie du réseau d'incendie [6]

La tuyauterie est conçue conformément à la norme ASME B31.3 Pour accomplir sa fonction de lutte contre l'incendie convenablement, le réseau d'eau d'incendie doit comporter certains accessoires tels que :

II.6.1 Les Vannes de sectionnement

Leur but est de permettre l'isolation de n'importe quelle partie du réseau en cas de nécessité, tels que des travaux de réparation, d'entretien ou de vérification. Leur emplacement ainsi que leur répartition doivent être très bien étudiés pour pouvoir maîtriser n'importe quel tronçon du réseau pendant l'exploitation du système. Leur nombre dépend de l'étendue du réseau. Il doit être suffisant. Leur emplacement à chaque intersection est comme indiqué dans les schémas ci-dessous dans le respect de la règle :

$$\text{Nb vannes} = \text{Nb branches} - 1$$

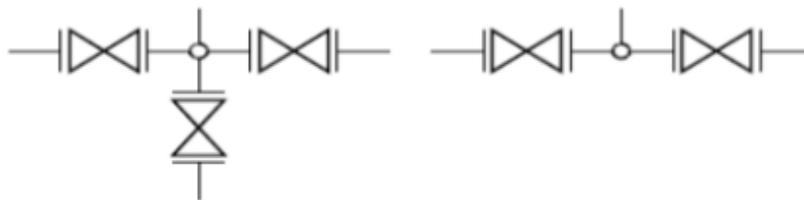


Figure II.1 : Les vannes de sectionnement de réseau d'incendie. [6]

Elles doivent être du type approuvées et conforme aux normes en vigueur régissant le domaine d'application.

Elles doivent être visibles et facilement accessibles en cas de besoin et doivent être du type indicateur de position (fermée/ouverte). La signalisation des vannes installées dans des regards doit être apparente.

II.6.2 Les Clapets anti-retour

Comme leur nom l'indique, ils permettent la circulation de l'eau uniquement dans un sens. Ils doivent être installés sur :

- ✓ La tuyauterie de refoulement des différentes pompes du réseau.
- ✓ La tuyauterie des différents piquages du réseau.

II.6.3 Les Indicateurs de pression

Le but de leur utilisation est d'indiquer la pression dans le réseau. Ils doivent avoir une échelle de mesure de pression (bar).

Ils sont d'une grande utilité pour le contrôle visuel du réseau.

Leur installation sera utile sur :

- La tuyauterie de refoulement des pompes du réseau
- À proximité de certains poteaux d'incendie à risque

II.6.4 Les armoires d'incendie

Ceux sont des équipements, conçus pour le stockage de certains matériels d'intervention en cas d'incendie.

Leur utilisation a pour but de :

- Préserver le matériel de lutte contre l'incendie
- Gagner du temps en cas d'incendie

Elles doivent être installées à proximité des prises d'eau (bouches / poteaux), sont peintes en rouge, elles doivent être fermées constamment en situation normale.

II.7 Les prises d'eau [6]

Ceux sont des appareils destinés à être installés et répartis sur toute la tuyauterie du réseau d'eau d'incendie.

Ils ont pour but de permettre aux agents d'intervention d'utiliser l'eau sous pression du réseau incendie, ces prises d'eau comprennent :

- Les Hydrants
- Les Robinets Incendie Armés (RIA)
- Les Lances Monitors

II.7.1 Hydrants (BI/PI)

Les Bouches incendies /Poteaux Incendie permettent d'utiliser l'eau des conduites publiques. Ils sont strictement prévus pour être mis en œuvre dans le cadre de la lutte contre l'incendie et ne doivent pas être utilisés pour d'autres besoins.

Chaque appareil est caractérisé, selon le réseau qui l'alimente, par un débit et une pression.

D'une manière générale, les hydrants doivent être raccordés à une conduite d'un diamètre équivalent à celui de l'appareil à alimenter ; un dispositif d'arrêt doit permettre de l'isoler ; un débit minimum de 17l/s (1000l/min) est exigé, ainsi qu'une pression résiduelle de 1 bar.

	Poteau d'incendie		Bouche d'incendie
Ø orifice	100	2x100	100
Débit mini m ³ /h	60	120	60
Type de raccord	Symétrique		Non-symétrique
Nombre de 1/2 raccords	1x100	2x100	1x100
	2x65	1x65	
Nombre de tours	13	17	13
Sens d'ouverture	Sens inverse des aiguilles d'une montre		

Tableau II.1 : Comparatif Poteau Incendie / Bouche Incendie. [6]

Vérification :

Il est souhaitable d'effectuer tous les mois une inspection de ces installations, de réaliser des essais tous les 6 mois et de faire procéder à une vérification complète une fois par an.

Rappelons que l'entretien et la vérification des bouches et poteaux d'incendie relève de la responsabilité du chef d'établissement privées et du maire pour les installations publiques.

II.7.2 Les R.I.A (robinet d'incendie armé)

C'est un équipement de première intervention composé de tuyaux Semi-rigides de 20 à 30 m enroulés sur un dévidoir tournant.

Pour acheminer l'eau nécessaire à l'extinction des incendies, les agents d'intervention utilisent des tuyaux.

II.7.3 Les lances monitors

Les Monitors fixes doivent être mixte (Eau et Mousse). Ils devront permettre d'atteindre avec le jet plein à l'eau ou à la mousse les parois de bacs de stockage depuis leur emplacement. La portée des Monitors ne peut en aucun cas être inférieure à 50mètres avec un débit de 3000l/mn à 7 bars.

Chaque cuvette de bac stockage devra disposer, au moins, de quatre lances monitors.

II.8 Circuit de refroidissement [6]

Le système de refroidissement par pulvérisation installé au niveau des bacs comprend six couronnes dans chaque bac, chaque couronne est composée de buses.

Le système de refroidissement par pulvérisation installé au niveau des sphères est composé de quatre couronnes, chaque couronne contient des buses La tuyauterie qui compose chaque couronne est connectée par des brides

Les jetées (D1 et M6) sont protégées par un système à rideau d'eau contre la chaleur dégagée par les navires en cas d'incendie. La ligne du rideau d'eau de la jetée est connectée par des brides.



Figure II.1 : Les buses.

II.9 Circuit de pré mélange [6]

a) Trois skid à mousse :

- 05-M-0701 pour le réservoir de gas-oil (05-T0551)
- 31-M-0702
- 08-M-0701/0702 Unité d'extinction par mousse pour les jetées D1etM6, l'unité est composée d'un réservoir de mousse d'une quantité de 2000 litres

b) Les Injecteurs : (Proportionneurs ou Mélangeurs)

Ils servent à mélanger une quantité donnée d'émulseur avec l'eau pour obtenir de la mousse

c) Les Lances de Projection de Mousse :

Les lances à projection de mousse ont une portée d'environ 20 m et une capacité de production de 2 à 4 m³/mn de mousse. On distingue les Lances-Mousse à 2 m³/mn (LM 2), diamètre 40 mm et les Lances-Mousse à 4 m³/mn (LM 4), diamètre 65.

d) Les Lances Canon-Mousse :

Portables ou montées sur des véhicules spécialisés, ont une portée de 50 à 70 m et peuvent produire de 40 à 60 m³/mn de mousse.

e) Les Lances Génératrices de Mousse :

Elles permettent le passage du mélange eau – émulseur. L'injecteur et la lance forment parfois le même appareil

f) Les Générateurs de Mousse : (Turbex)

On distingue les générateurs à main (ou lance à moyen foisonnement) Produisant 20 m³/mn de mousse et les générateurs Portables produisant 30 à 90 m³/mn de mousse.

II.10 Unité de stockage et dosage d'émulseur (USD) [6]

La description des USD à remplacer :

Le système de lutte contre l'incendie par mousse est prévu pour les réservoirs de gasoil (unité d'extinction par mousse (05-M-0701) pour le réservoir de gas-oil (05-T0551)) ou encore risquent un déclenchement des feux d'huiles les mousse sont obtenue à partir de l'émulseur Fluoroprotéinique a un foisonnement de de 6 à 10%, l'eau nécessaire est fournis

à partir du réseau incendie. L'unité est composée d'un réservoir d'émulseur pressurisé à partir du réseau d'eau incendie lors du démarrage un proportionneur de mousse est installé sur le bac de gas-oil.

Aux alentours de la cuvette de rétention là où le bac gas-oil est implanté deux lances à mousse avec coffret sont installées



Figure II.1 : Unité à mousse 05-M-0701.



Figure II.2 : Unité à mousse 31-M-0702.

- Unité de mousse des jetées

Unité d'extinction par mousse 08-M-0701/0702 pour les jetées D1 et M6. L'unité est composée d'un réservoir de mousse d'une quantité de 2000 litres des pompes à eau et émulseur des lances monitors à mousse. Deux lances monitor a mousse sont installés sur chaque skid de façon que les mousses puissent atteindre le bateau amarré à la jeté D1 ou M6.



Figure II.3 : Unité à mousse 08-M-0701/0702.

Un dévidoir est placé sur le skid en vue d'éteindre les feux de faible envergure qui se déclare autour de l'unité.

II.11 Les différents systèmes de protection [6]

II.11.1 Système de protection par installation fixe

DESIGNATION	NOMBRE	OBSERVATION
Poteaux incendie	176	Poteaux 2×70
Lances monitor	39	Poteaux 2×70
Bac d'eau d'incendie	1	2 100 m ³
Skid mousse	2	2 000L d'émulseur
Skid mousse	2	500L d'émulseur
Skid poudre	2	Skid de 2 000 Kg
Skid poudre	19	Skid de 1500 Kg
Skid poudre	32	Skid de 300 Kg
Système déluge	25	Servant au refroidissement des capacités (zone process)
Système déluge	8	Bac BT (C3+C4) (1 par bac)
Système déluge	27	Sphères de charges produits finis

Tableau II.1 : Système de protection par installation fixe du complexe GP1Z. [6]

II.11.2 Système de protection par installation mobile

a) Véhicule incendie mousse :

	Capacité émulseur	Capacité eau	Débit canon /lance
camions mousse	2000 L	3000 L	2000 L/min

Tableau II.2 : Caractéristiques du camions à mousse. [6]

b) Véhicules incendie poudre :

	Capacité poudre	Débit canon/lance
Camion poudre	4 500 kg	2 000 kg/min
Camions poudre	4 000 kg	2 000kg/min

Tableau II.3 : Caractéristiques du camion poudre.[6]**Figure II.1** : Camion à poudre.**c) Véhicule incendie à eau**

	Capacité eau
Camion eau	6000

Tableau II.4 : Capacité camion à eau. [6]**d) Véhicules incendie Polyvalents :**

	Capacité eau	Capacité poudre	Capacité émulseur
Camions premier secours	400 L	500 Kg	30 L
Camion polyvalent N°1	9 000 L	1 000 Kg	3 000 L
Camions polyvalent N°2	9 000 L	1 000 Kg	1 500 L

Tableau II.5 : Caractéristiques véhicule polyvalents. [6]



Figure II.2 : camion de 1er secours.



Figure II.3 : Camion à mousse.

II.11.3 Système de détection [6]

II.11.3.1 Système de détection de gaz

Le système de détection de gaz est installé dans l'usine en vue de découvrir les fuites de gaz le plus tôt possible, pour permettre de prendre les mesures nécessaires afin de minimiser les fuites et de prévenir le feu.

- Détecteur de fumée
- Détecteur infrarouge
- Détecteur pression

II.11.3.2 Système d'alarme incendie

C'est un système qui couvre les bâtiments, les zones processus, les zones utilités et les zones de stockage. Il est constitué de détecteurs de feu et de panneaux de contrôle d'incendie.

Remarque : chaque détecteur est installé en fonction des paramètres du produit

Exemple :

- Détecteur de GPL est installé au niveau du sol (environ 50 cm)
- Détecteur de GNL est installé en hauteur suivant la densité

II.11.4 Protection par mousse [6]

Le critère principal, permettant de déterminer l'efficacité d'un émulseur, est le taux d'application, c'est-à-dire le nombre de litres de solution moussante qu'il est nécessaire de projeter par minute sur un mètre carré de surface du foyer en feu ($L/m^2/mn$).

Elle est employée dans les cas suivants :

- Les feux de liquides inflammables (alcool, hydrocarbures, solvants, ...)
- Les feux de produits chimiques, plastiques, ...
- Les feux de solides liquéfiables
- Dans les locaux d'accès difficiles
- Flaques de liquides inflammables non enflammées
- Le remplissage de volume pour l'extinction ou à titre préventif

La mousse éteint un incendie de différentes façons qui sont les suivantes:

- Par étouffement de l'incendie empêchant l'air de se mélanger avec des vapeurs inflammables
- Par réduction du dégagement de vapeurs inflammables ;
- Par séparation du combustible des flammes ;
- Par refroidissement du combustible et des surfaces adjacentes.

Une fois que le feu est éteint par application de la mousse, il faut rester vigilant jusqu'à ce que la plupart du produit soit retiré. La dégradation naturelle de la mousse peut créer une augmentation de la charge électrostatique du liquide et générer une ignition.

II.12 Norme et codes

II.12.1 Définition NFPA [11]

La national Fire Protection Association (NFPA) a été créée en 1896. L'objectif principal de la NFPA est la protection contre l'incendie, mais elle porte aussi sur les autres dangers des bâtiments et environnementaux, elle réalise aussi des normes de sécurité pour lutter contre les dommages causés par l'incendie.

II.12.2 Réglementation applicable au complexe [6]

- Les tubes seront conçus, fabriqués, contrôlés, inspectés et essayés conformément à la norme **ASME B31.3** dernière édition.
- Les brides seront conçues, fabriquées, contrôlées, inspectées et essayées conformément aux normes **ANSI B16.5, B16.25 et API 605** dernière édition.
- Les raccords seront conçus, fabriqués, contrôlés, inspectés et essayés conformément aux normes **ASTM et ASME (B31.3, B16.1, B16.3, B16.9, B16.11, B16.25)** dernière édition.
- Les tronçons des tubes seront soudés selon la procédure de soudage conformément à la norme **ASME section IX**.
- **ASTM D4541-2002** Standard Test Method for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
- **ASTM D4060-2001** Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser.
- **ASTM G65 -2004** Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dray Sand/Rubber Wheel Apparatus.
- **ASTM D543 -2006** Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents.
- **JIS K6766-1977** Testing Methods for Polyethylene Coatings on Metals

CHAPITRE III

Dimensionnement du réseau eau anti incendie

Généralités

Pertes de charges

L'équation expérimental Hazen-Williams

La méthode Hardy Cross

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les principes de base de dimensionnement d'un réseau incendie, tel que, la vitesse d'écoulement, la viscosité et les pertes de charge qui constituent l'une des étapes de notre projet, les pertes de charge sont engendrées par le déplacement du fluide dans le réseau. Cependant, leurs calculs ne sont pas une tâche facile, car il y a la contrainte de la diversité des formules utilisées. Dans ce qui suit nous allons présenter la formule de Hazen-Williams ainsi que la méthode de Hardy-Cross pour le calcul des pertes de charge

II.1 Généralités [7]

Un réseau hydraulique est un système de conduites simples connectées entre elles. Dans ce cas les paramètres géométriques (diamètre, rugosité) ainsi que les paramètres hydrauliques (débit, vitesse, pertes de charge) peuvent être différents dans plusieurs points du réseau.

Pour les calculs hydrauliques d'un conduit, nous disposons des paramètres suivants :

III.1.1 Vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement d'un fluide dans une conduite se détermine par la relation suivante :

$$V = \frac{4Q_v}{\pi D^2} \quad (\text{III.1})$$

Avec :

V : Représente la vitesse d'écoulement dans la conduite, en [m/s] ;

Q_v : Représente le débit véhiculé dans la conduite, en [m³/s] ;

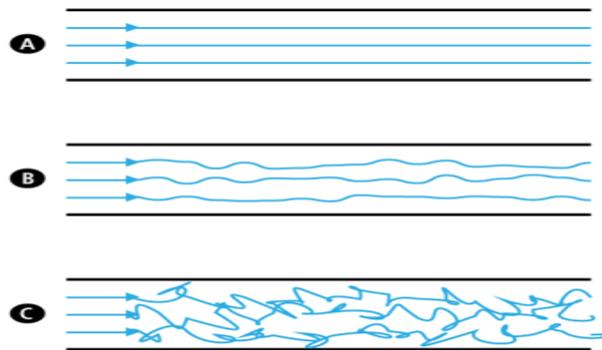
D : Représente le diamètre de la conduite, en [m].

III.1.2 Régime d'écoulement

La connaissance du régime d'écoulement d'un fluide est un point clé en génie des procédés, car il a une influence sur la plupart des phénomènes, en particulier les transferts de chaleur, de matière, les pertes de charges etc....

Trois grands régimes d'écoulement ont été définis par Reynolds (1883) :

- L'écoulement laminaire : écoulement rectiligne, le fluide s'écoule en filets parallèles à l'axe de la conduite, sans mélange.
- L'écoulement intermédiaire : l'écoulement est plus ou moins rectiligne, avec un peu de mélange (petits tourbillons).
- L'écoulement turbulent : l'écoulement se fait avec de grands tourbillons, avec un mélange important.



A : écoulement laminaire

B : écoulement intermédiaire

C : écoulement turbulent

Le régime d'écoulement dépend du débit de fluide, du diamètre de la conduite et des propriétés du fluide. Il est déterminé grâce au nombre de Reynolds, défini comme suit dans le cas d'un écoulement dans une conduite cylindrique :

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{u \cdot D}{\nu} \quad (\text{III.2})$$

Re : nombre de Reynolds (sans dimension)

ρ : masse volumique du fluide (kg.m^{-3})

u : vitesse moyenne du fluide (m.s^{-1})

D : diamètre de la conduite (m)

μ : viscosité dynamique du fluide (Pa.s)

ν : viscosité cinématique du fluide ($\text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$)

Pour $\text{Re} < 2000$, l'écoulement est laminaire.

Pour $2000 < \text{Re} < 4000$, l'écoulement est intermédiaire.

Pour $\text{Re} > 4000$, l'écoulement est turbulent.

III.1.3 Viscosité

Dans l'écoulement d'un fluide réel, les particules situées à proximité de l'axe de la veine se déplacent plus rapidement que celles situées à proximité des bords de la conduite. Ce glissement de particule les unes sur les autres, fait apparaitre des forces de frottement internes, ces forces de frottement au sein du fluide sont des forces de viscosité. La viscosité est propre à tous les fluides, sa détermination revient au domaine de l'expérience et ce que l'on peut noter, elle varie ne fonction de sa température et des actions mécaniques.

III.1.4 Rugosité

La rugosité La rugosité est une caractéristique de l'état de surface d'un matériau solide, elle correspond à la notion habituelle de présence plus ou moins importante d'aspérités sur une surface. On constate que lorsque la rugosité d'une conduite augmente, les frottements seront plus importants et donc la perte de charge augmentera. La perte de charge est donc fonction du matériau de la conduite.

III.1.5 Équation de Bernoulli

Le théorème de Bernoulli généralisé permet d'exprimer la conservation de l'énergie entre deux point A et B d'un système hydraulique c'est-à-dire que la somme des diverses formes d'énergie (potentiel, cinétique et énergie de pression) représentent la somme des différentes pertes de charge. La formule générale de cette équation s'écrit :

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + h_A = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + h_B + \Delta H \quad (\text{III.3})$$

Avec :

P_A et P_B : Représente la pression au point A et B, en [Pa] ;

V_A et V_B : Représente la vitesse au point A et B, en [m/s] ;

h_A et h_B : Représente la hauteur géométrique au point A et B, en [m] ;

ΔH : Représente la perte de charge totale, en [m].

III.2 Pertes de charge [7]

En hydraulique la perte de charge correspond à l'énergie dissipée par frottement visqueux, lors de l'écoulement d'un fluide, elle apparait dans l'équation de Bernoulli comme une hauteur de colonne d'eau. On distingue deux types de pertes de charge :

III.2.1 Pertes de charge linéaires

Les chercheurs Darcy et Weisbach ont développé une équation théorique permettant de calculer les pertes de charge résultant du frottement exercé entre le fluide et la surface intérieure de la canalisation. Elles sont proportionnelles à la longueur (L) de la conduite et au carré de la vitesse (V) du fluide, inversement proportionnelles au diamètre (D) et fonction du coefficient de frottement (λ), elle est donnée par la formule :

$$J_{HL} = \lambda \frac{V^2 L}{2gD} \quad \text{Ou bien} \quad J_{PL} = \lambda \frac{\rho V^2 L}{2D} \quad (\text{III.4})$$

Avec :

J_{HL} : Représente la perte de charge linéaire, en [m] ;

J_{PL} : Représente la perte de charge linéaire, en [Pa] ;

V : Représente la vitesse d'écoulement dans la conduite, en [m/s] ;

L : Représente la longueur de la conduite, en [m] ;

D : Représente le diamètre de la conduite, en [m] ;

G : Représente l'accélération de la pesanteur, ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) ;

ρ : Représente la masse volumique du fluide, en [kg/m^3] ;

λ : Représente le coefficient des pertes de charge linéaire, dépend de la rugosité de la paroi de la conduite et du régime d'écoulement.

III.2.2 Pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières résultent de la présence de différentes structures (coudes, raccords, branchements, vannes...etc.). Tous ces éléments (singularités) installés le long de

la canalisation constituent des obstacles qui freinent le passage du fluide et provoquent des pertes de charge.

Ces pertes sont caractérisées par un coefficient de pertes ξ , déterminées par la relation suivante :

$$J_{HS} = \xi \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ou bien} \quad J_{PS} = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (\text{III.5})$$

Avec :

J_{HS} : Représente la perte de charge singulière, en [m] ;

J_{PS} : Représente la perte de charge singulière, en [Pa] ;

V : Représente la vitesse de l'écoulement dans la conduite, en [m/s] ;

ξ : Représente le coefficient des pertes de charge, sa valeur correspond à différents types de composants d'un circuit hydraulique.

Dans la plupart des cas de réseaux complexes, les pertes singulières ont une faible importance par rapport aux pertes continues.

III.3 L'équation expérimental Hazen-Williams [7]

L'équation de Hazen-William est une formule empirique qui relie le débit d'eau dans une conduite, les propriétés physiques de cette dernière et la chute de pression causée par la friction ; et qui est utilisée dans la conception des conduites d'eau des systèmes tels que les systèmes d'incendie et des réseaux d'approvisionnement en eau. Elle est nommée ainsi d'après Allen Hazen et Stewart Gardner Williams.

L'équation de Hazen-Williams a l'avantage que son coefficient C_{HW} n'est pas une fonction du nombre de Reynolds, en outre elle ne tient pas compte de la température ou de la viscosité du fluide.

La formule générale de cette équation est donnée par :

$$V = k \times C_{hw} \times R_h^{0,63} \times S'^{0,54} \quad (\text{III.6})$$

Avec :

V : Représente la vitesse de l'écoulement en [m/s] ;

R_h : Représente le rayon hydraulique, $R_h = \frac{D}{4}$ en [m] ;

S' : Représente la perte de charge par unité de longueur ;

K : Représente le facteur de conversion pour le système d'unités ($k = 0,849$ pour les unités SI) ;

C_{HW} : Représente le coefficient de rugosité de Hazen-Williams. Ce coefficient C_{HW} dépend du matériau des conduites, qui est représenté dans le tableau suivant :

Conduites	Valeurs du coefficient de Hazen pour différents diamètres (mm)				
	75	150	300	600	1200
Fonte non revêtue	121	125	130	132	134
Fonte revêtue	129	133	138	140	141
Acier non revêtu	142	145	147	150	150
Acier revêtu	137	142	145	148	148
Fer forgé	137	142	-	-	-
Fer galvanisé	129	133	-	-	-
Ciment d'amiante non revêtu	142	145	147	150	-
Ciment d'amiante enduit	147	149	150	152	-
PVC	142	145	147	150	150
Béton	69-129	79-133	84-138	90-140	95-141
PVC, cuivre, laiton, plomb	147	149	150	152	153
Conduite nouvellement raclée	109	116	121	125	127

Tableau III.1: Valeur du CHW selon le matériau. [8]

III.3.1 Relation entre le débit et la perte de charge (H) dans une conduite

À l'aide de l'équation de Hazen-Williams, nous pouvons mettre en évidence la relation qui existe entre les pertes de charge H et le débit Q_v . En mettant en exponentielle chaque côté de la formule générale de Hazen-Williams par $\frac{1}{0.54}$ nous aurons :

$$V^{1,852} = k^{1,852} \times C_{HW}^{1,852} \times R_h^{1,17} * S' \quad (III.7)$$

Sachant que : $S' = \frac{H}{L}$

Avec :

H : Représente la perte de charge, en [m] ;

L : Représente la longueur de la conduite, en [m].

La formule devient :

$$H = \frac{L V^{1,852}}{k^{1,852} \times C_{HW}^{1,852} \times R_h^{1,17}} \quad (III.8)$$

D'autre part nous avons : le rayon hydraulique $R = \frac{D}{4}$ (qui est différent du rayon géométrique r)

Et que : $Q = VA$

Avec :

V : Vitesse de l'écoulement dans la conduite, en [m/s] ;

A : Surface de section transversale de la conduite, $A = \frac{\pi D^2}{4}$ en [m²].

Après simplification, la formule de Hazen-Williams peut s'écrire :

$$\frac{4^{3,02} L Q^{1,852}}{\pi^{1,852} K^{1,852} \times C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} = \frac{10,679 \times L Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \quad (III.9)$$

Enfin nous pouvons écrire : $H = KQ^m$ (III.10)

Où : $m = 1,852$

K : est un coefficient propre à chaque tronçon, puisqu'il dépend de la longueur (L), du diamètre (D), du coefficient de Hazen-Williams (C_{HW}) et de l'exposant (m)

$$k = \frac{\beta \times L}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \quad (\text{III.11})$$

Avec : $\beta = 10,679$

III.3.2 L'équation de Darcy-Weisbach [8]

La perte de charge par frottement h dans le cas d'un fluide incompressible dans une conduite dépend des propriétés du fluide tel que: la densité, la viscosité ainsi des caractéristiques d'écoulement comme la vitesse moyenne et les propriétés des conduites tel que: la longueur et le diamètre de la conduite.

$$h = \frac{L V V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \cdot \phi \left(\frac{V D \rho}{\mu}, \frac{e}{D} \right) \quad (\text{III.12})$$

Avec :

$\frac{V D \rho}{\mu}$: le nombre de Reynold.

$\frac{e}{D}$: la rugosité.

On introduit le coefficient de friction f tel que :

$$f = \phi \left(Re, \frac{e}{D} \right) \quad (\text{III.13})$$

L'équation de la perte de charge peut s'écrire sous la forme :

$$h = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (\text{III.14})$$

III.3.3 Analyse des réseaux [7]

Le débit du fluide permet de déterminer un diamètre de passage de façon à ce que la vitesse du fluide reste dans les limites acceptables, n'entraînant pratiquement ni perte de charge, ni échauffement excessifs.

La quantité d'eau disponible est directement définie par le type de réseau et son dimensionnement. Le réseau étant maillé, les canalisations arrivant à un nœud appartiennent à une ou plusieurs mailles à la fois, la répartition des débits dans les canalisations n'est pas connue à priori et leurs calculs se font par approximations successives, une procédure itérative est par conséquent nécessaire. Quatre méthodes sont, en pratique, utilisées, pour la résolution des équations aboutissant à l'analyse des réseaux, ce sont la méthode de linéarisation de Wood-Charles, la méthode de Newton Raphson, méthode des éléments finis et la méthode de Hardy-Cross.

III.4 Méthode de Hardy-Cross [10]

Le Professeur Cross était probablement le premier à suggérer en 1936 une procédure itérative systématique pour l'analyse des réseaux, elle est probablement la plus ancienne et la plus utilisée des méthodes d'analyse des réseaux de distribution d'eau. Cette méthode de résolution par itérations successives, conçue avant l'existence des outils informatiques, est encore en vigueur depuis que ces outils sont devenus accessibles à tous

La méthode de Hardy-Cross permet de procéder soit par corrections successives des débits, soit par corrections successives des pertes de charge (selon la formulation du problème et le groupe d'équations choisi). Dans ce qui suit, nous procédons par corrections des débits.

III.4.1 Principe de la méthode Hardy-Cross

III.4.1.1 Loi de continuité :

Dans une situation donnée, nous pouvons écrire pour chaque nœud, une équation de continuité qui stipule que la somme algébrique des débits à ce nœud est nulle. Pour un réseau donné, il existe autant d'équations indépendantes et linéaires qu'il existe de nœud moins un (N-1).

L'équation de continuité est la suivante :

$$\sum Q_i = 0 \quad (\text{III.15})$$

Où Q_i représente le débit dans le tronçon (i).

Par convention, nous admettons, habituellement, que les débits qui s'écoulent vers un nœud sont positifs et que ceux qui s'en éloignent sont négatifs.

Pour le nœud A de la figure (III.1) l'équation de continuité est la suivante :

$$Q_A + q_1 + q_6 = 0$$

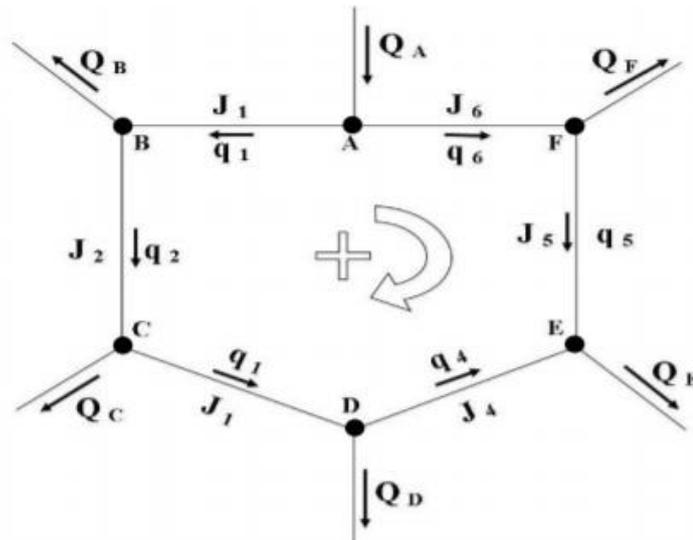


Figure III.1 : représentation d'une maille. [10]

III.4.1.2 Loi de conservation de l'énergie :

Pour chaque maille, il existe également une équation non linéaire, qui représente la conservation des pertes de charge. Pour un réseau donné il existe autant d'équations indépendantes et non linéaires que de mailles. Pour chaque maille, nous pouvons, en effet, écrire que la somme algébrique des pertes de charge est nulle, c'est-à-dire que :

$$\sum (H)_i = 0 \quad (\text{III.16})$$

Où $(H)_i$ représente les pertes de charge dans le tronçon (i).

Par convention, on admet généralement, que pour une maille, les débits qui circulent dans le sens des aiguilles d'une montre sont positifs, et que ceux qui vont dans le sens contraire sont négatifs. De la même façon, on admet que les pertes de charge engendrées dans les conduites où les débits circulent dans le sens des aiguilles d'une montre sont positives et que

les pertes de charge correspondant à des débits s'écoulant dans le sens contraire sont négatives.

Soit à l'aide de l'équation (III.10)

$$\sum k_i Q_i^m = 0 \quad (\text{III.17})$$

De telles équations sont non linéaires, puisque les variables Q_i (débits) portent toutes un exposant différent de 1, soit 1,852.

Cette loi appliquée au contour ABCDEF figure (III.2), où l'orientation positive est dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre donne pour le sens d'écoulement indiqué par les flèches :

$$J_6 + J_5 - J_4 - J_3 - J_2 - J_1 = 0 \quad (\text{III.18})$$

En résumé, pour un réseau doté de (N) nœuds et de (M) mailles, on reconnaît :

- (N-1) équations linéaires (les équations relatives aux nœuds) ;
- (M) équations non linéaires (les équations relatives aux mailles) ;

La somme est (D) équations, (D) étant égal au nombre de conduite du réseau. La résolution de ces (D) équations permet de déterminer à l'équilibre, le débit dans chacun des tronçons.

III.4.1.3 Correction du débit dans une maille après une itération

Soit une maille pour laquelle nous avons estimé les débits dans chacun des tronçons. Si Q_i est le débit initial estimé dans un des tronçons et si ΔQ est la valeur de la correction à apporter à ce débit, le débit corrigé après la première itération est :

$$Q = Q_i + \Delta Q \quad (\text{III.19})$$

Ce débit Q est soit le nouveau débit Q_i relatif à l'itération suivante, soit le débit final Q (débit solution). Quant à ΔQ , il représente la correction, positive ou négative, à apporter aux débits relatifs à chacun des tronçons de la maille.

À l'itération suivante, la perte de charge dans un tronçon est :

$$\text{Soit} \quad H = (Q_N + \Delta Q)^m = k Q_i^m \left[1 + \frac{\Delta Q}{Q_i} \right]^m \quad (\text{III.20})$$

Le développement en série de l'équation (III.20) donne l'expression suivante :

$$H = kQ_i^m \left[1 + m \frac{\Delta Q}{Q_i} + \frac{m(m-1)}{2!} \times \frac{\Delta Q^2}{Q_i^2} + \theta_i \right] \quad (\text{III.21})$$

Avec :

θ_i : Représente les termes de valeurs négligeables

Le terme $\frac{\Delta Q^2}{2}$ devient négligeable et H peut s'écrire :

$$H = kQ_i^m \left[1 + m \frac{\Delta Q}{Q_i} \right] \quad (\text{III.22})$$

Si on effectue ensuite la somme algébrique des pertes de charge de tous les tronçons d'une maille, on obtient, en reconnaissant que la valeur absolue de ΔQ représente la correction à apporter au débit de tous les tronçons de la maille :

$$\sum(H)_i = 0 = \sum k_i Q_i^m + m \Delta Q \sum k_i Q_i^{m-1} \quad (\text{III.23})$$

On pose $\sum(H)_i = 0$, puisque c'est vers quoi, le système doit tendre, comme nous l'avons vu précédemment.

À partir de la relation ci-dessus et de l'équation (III.10), on obtient la valeur algébrique de la correction ΔQ relative à une maille, Soit :

$$\Delta Q = \frac{-\sum k_i Q_i^m}{m \sum \left(\frac{k_i Q_i^m}{Q_i} \right)} = \frac{-\sum(H)_i}{m \sum \left(\frac{(H)_i}{Q_i} \right)} \quad (\text{III.24})$$

Rappelons qu'on admet habituellement par convention, que les débits qui circulent dans le sens des aiguilles d'une montre sont positifs ; que les débits s'écoulant dans le sens contraire sont négatifs et que, dans un tronçon donné, le signe des pertes de charge est le même que celui du débit qui y circule. Par conséquent, si ΔQ est positif, les débits positifs dans la maille sont augmentés de ΔQ , et les débits négatifs sont réduits de ΔQ .

On effectue, aussi, plusieurs itérations jusqu'à ce qu'on obtienne un résultat satisfaisant, c'est-à-dire jusqu'à ce que ΔQ soit suffisamment petit, compte tenu de la nature du problème à résoudre. Le nombre d'itérations nécessaires est d'autant plus faible que l'estimation initiale des débits est réaliste, et on peut alors parler de convergence rapide. Par contre, si l'estimation initiale est trop éloignée de la réalité, il se peut que les itérations ne conduisent

pas à la solution, c'est pour ça qu'on est obligé de recommencer avec une nouvelle estimation initiale.

III.4.2 Les étapes de la méthode Hardy-Cross

Nous présentons ci-dessous les étapes à suivre lors de la mise en œuvre de la méthode de Hardy Cross :

- a) Identification des mailles et des nœuds et vérification du respect de la relation

$$\mathbf{M+N-1=D}$$

(M, N et D sont respectivement le nombre de mailles, de nœuds et de conduites).

b) Compte tenu des signées (consommations) à chaque nœud et des estimations des débits initiaux Q_i , dans chaque conduite, vérification qu'à chaque nœud, la somme algébrique des débits est nulle.

c) Calcul des pertes de charge (H_i), relatives à chaque conduite de la première maille, à l'aide de la relation (III.10).

$$(H)_i = k_i Q_i^{1,852}$$

d) Calcul de la somme algébrique des pertes de charge relatives aux conduites d'une première maille, à moins d'un hasard, cette somme n'est pas nulle, puisque normalement l'évaluation initiale des débits n'est pas exacte, par conséquent $\sum (H)_i \neq 0$.

e) Calcul de la valeur de $\sum \frac{(H)_i}{Q_i}$ pour la première maille, ne pas tenir compte des signes algébrique, puisque, pour tout tronçon, $(H)_i$ et Q_i ont le même signe.

f) Calcul de la correction ΔQ à apporter aux débits relatifs aux conduites de la première maille à l'aide de la relation :

$$\Delta Q = \frac{-\sum (H)_i}{m \sum \left(\frac{(H)_i}{Q_i} \right)}$$

(la valeur de ΔQ est soit positive, soit négative).

g) Correction algébrique des débits relatifs aux conduites de la première maille à l'aide de la relation :

$$Q = Q_i + \Delta Q$$

h) Reprise des étapes (c) à (g) pour toutes les mailles du réseau. Signalons que nous utilisons les débits corrigés dans une maille donnée comme débits estimés dans les conduites qui sont communes avec les mailles étudiées subséquentment.

i) Reprise des étapes (c) à (h) jusqu'à l'obtention de la précision souhaitée, en général, les opérations prennent fin lorsque les valeurs des corrections ΔQ sont inférieures à une valeur prédéterminée.

j) A partir de pressions connues à des nœuds dont on connaît l'élévation, on peut calculer les pressions à tous les nœuds grâce à l'équation de Bernoulli et en progressant d'un nœud à un autre, par exemple, si on les calcule relativement aux nœuds A et B situés aux extrémités d'une même conduite on obtient :

$$\left(\frac{p_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + h_A\right) - \left(\frac{p_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + h_B\right) = H \quad (\text{III.25})$$

Si P_A et h_A sont des valeurs connues au nœud (A), que h_B est la hauteur du nœud (B) relié au nœud (A) par le tronçon de conduite (A-B) et que le diamètre de la conduite ne varie pas entre les nœuds (A) et (B), alors $V_A=V_B$ et l'équation ci-dessus devient :

$$\frac{p_A}{\rho g} + h_A = \frac{p_B}{\rho g} + h_B + H \quad (\text{III.26})$$

Enfin, puisque nous pouvons calculer les pertes de charge H (étant donné que nous connaissons le débit et les caractéristiques de la conduite entre le nœud (A) et (B)), nous pouvons calculer la pression $\frac{p_B}{\rho g}$ au nœud (B).

III.4.2.1 Application de la méthode Hardy-Cross à une maille simple :

Il s'agit de trouver la répartition des débits dans chacun des tronçons du réseau en fonte ductile de la (figure III.2). Toutes les conduites ont un coefficient de Hazen-Williams de

En première approximation, nous estimons le débit dans la conduite A-B à 200 l/s.

Suivant les étapes définies, précédemment, nous allons déterminer à l'aide de la méthode de Hardy-Cross la répartition des débits dans chacun des tronçons de cette maille.

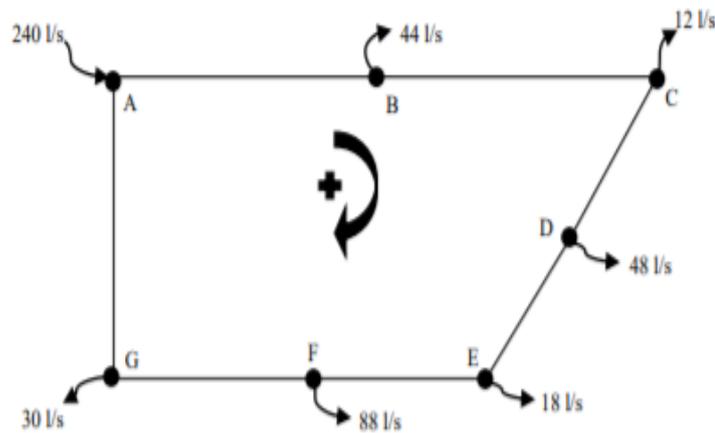


Figure III.2 : Schéma d'une maille simple. [10]

• **Étape (a) :**

Vérification de la relation $M + N - 1 = D$;

Nombre de maille $M = 1$;

Nombre de nœud $N = 7$;

Nombre de tronçon (conduite) $D = 7$;

On aura $M + N - 1 = D$ donc la relation est vérifiée.

• **Étape (b)**

En choisissant un sens positif d'écoulement et en respectant la loi de continuité (somme algébrique des débits en chaque nœud est nulle), la répartition initiale des débits est représentée sur la figure ci-après:

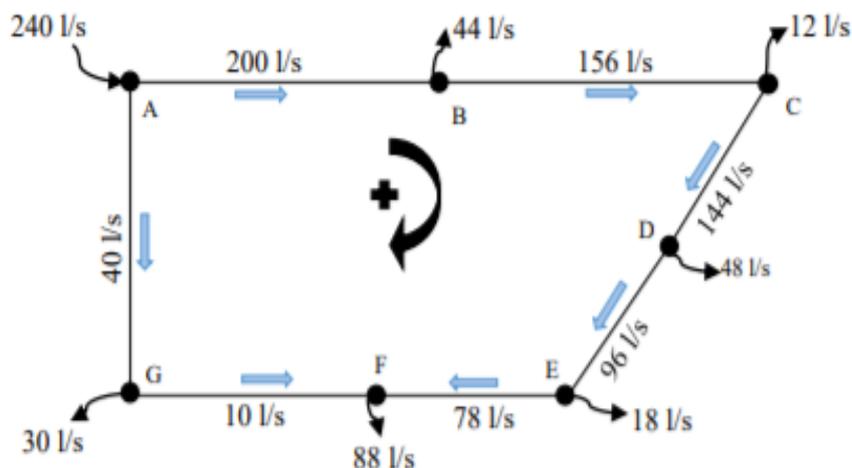


Figure III.3 : Schéma d'une répartition des débits. [10]

- **Étape (c) :**

Le calcul des pertes de charge relatives à chaque conduite est donné par la relation suivante :

$$H = kQ^{1,852}$$

Pour cela nous calculons d'abord la constante K pour chaque tronçon à l'aide de la relation suivante :

$$k = \frac{\beta x L}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}}$$

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-après :

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	K	H (m)
A-B	300	335	200	98,27	4,98
B-C	400	305	156	274,48	8,79
C-D	100	205	144	475,26	13,13
D-E	180	205	96	855,47	11,15
E-F	150	150	78	3264,63	28,97
F-G	400	205	-10	1901,03	-0,38
G-A	280	205	-40	1330,72	-3,43

Tableau III.2 : Résultats de calcul de la constante K et des pertes de charge H. [10]

- **Étape (d)**

Après avoir déterminé les pertes de charge pour chaque tronçon de la maille, on peut calculer la somme algébrique de ces pertes :

$$\Sigma H = 63,23 \text{ m}$$

- **Étape (e)**

Cette étape consiste à calculer d'abord (H/Q) relative à chaque tronçon, puis effectuer leur somme algébrique $\Sigma (H/Q)$ les résultats sont représentés dans le tableau qui suit :

Tronçons	(H/Q)
A-B	24,92
B-C	56,37
C-D	91,17
D-E	116,17
E-F	371,45
F-G	37,58
G-A	85,71
	$\Sigma (\mathbf{H/Q}) = 783,37$

Tableau III.3 : Résultats de calcul de la somme des (H/Q). [10]

• **Étape (f)**

Cette étape revient à calculer la correction à apporter aux débits relatifs pour chaque tronçon de la maille à l'aide de la relation :

$$\Delta Q = \frac{-\Sigma(H)_i}{m\Sigma\left(\frac{(H)_i}{Q_i}\right)} = -0,04$$

Une fois ΔQ trouvé, nous déterminerons le nouveau débit corrigé pour chaque tronçon par la relation :

$$Q' = Q_i + \Delta Q$$

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tronçons	Débit Q_i (l/s)	ΔQ (m ³ /s)	Nouveau débit Q' (l/s)
A-B	200	-0,044	156,42
B-C	156		112,42
C-D	144		100,42
D-E	96		52,42
E-F	78		34,42
F-G	-10		-53,58
G-A	-40		-83,58

Tableau III.4 : Résultat de calcul de la correction ΔQ . [10]

On vient de terminer la première itération sur la maille, comme ΔQ n'a pas encore convergé vers la précision voulue qui est de l'ordre de 10^{-4} , on reprend les étapes précédentes de (c) à (f) jusqu'à l'obtention de cette précision, qu'on atteint après 5 itérations.

Les résultats finaux sont présentés dans le tableau qui suit :

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	ΔQ (m ³ /s)	Débit final (l/s)	H (m)
A-B	300	355	200	0,0001	154,2207	3,08
B-C	400	305	156		110,2207	4,62
C-D	100	205	144		98,2207	6,46
D-E	180	205	96		50,2207	3,36
E-F	150	150	78		32,2207	5,64
F-G	400	205	-10		-55,7793	-9,06
G-A	280	205	-40		-85,7793	-14,08

Tableau III.5 : Résultats des débits finaux et des pertes de charge dans chaque tronçon.[10]

Comme nous pouvons le constater, le calcul manuel est très long et compliqué déjà pour une seule maille simple, d'où la nécessité d'informatiser la procédure de calcul surtout quand il s'agit de réseau complexe, ce qui est le cas de notre étude.

Conclusion

Dans ce chapitre nous venons de définir les notions essentielles des pertes de charge d'une installation, et que l'équation de Hazen-Williams est valable pour les calculs des réseaux incendies. L'équilibrage du réseau est traité par la méthode de Hardy-Cross.

CHAPITRE IV

Partie pratique

Étude du scénario 01

Étude du scénario 02

Étude du réseau de conduites du système eau incendie

Calculs des paramètres hydrauliques par la méthode Hardy-Cross

Introduction

Ce chapitre est consacré aux calculs du réseau eau incendie de la zone du stockage du GPL, nous avons tout d'abord supposé deux scénarios jugés pertinents et à partir desquels nous avons estimé les quantités d'eau nécessaire pour chaque situation, ensuite nous avons entamé la partie calculs des paramètres hydrauliques tels que : les débits, pertes de charges et vitesses d'écoulement qui approvisionnent le bac étudié, à l'aide du logiciel "EXCEL" et en utilisant la méthode de HARDY CROSS.

IV.1 Étude du premier scénario

La zone de stockage des produits finis du complexe GP1Z contient 8 bac à toit fixe T01 jusqu'à T08, chaque bac est de capacité de stockage 70 000 m³, un diamètre de 58,058 m et une hauteur de 43.082 m.

Le système de refroidissement par pulvérisation installé au niveau des bacs comprend six couronnes dans chaque bac, chaque couronne est composée de buses.

Le but de cette étude est de calculer la quantité d'eau nécessaire pour le scénario suivant :

Un feu du bac T 08 qui est à proximité du bac T07, dans ce cas de figure pour limiter la propagation du feu, il est obligatoire de procéder au refroidissement du bac T07, par conséquent, nous allons calculer le besoin en eau pour le refroidissement du bac T07.

Quantité d'eau dans les couronnes de refroidissement du bac T07

Le taux d'application pour le refroidissement : d'après la norme NFPA 15 est 15 L /min.m

La durée de refroidissement est de 7h (420 min).

$$Q_i = 15 \times P_i \times 420$$

$$P_i = \pi D_i$$

$$Q_T = \sum Q_i$$

Avec :

P_i : Périmètre de chaque couronne.

Q_i : Quantité d'eau dans chaque couronne.

Q_T : Quantité totale d'eau dans les couronnes.

Le bac T07 contient six couronnes de périmètres différents, en utilisant la formule précédente, on calcul la quantité d'eau, le tableau suivant regroupe les résultats des calculs:

Couronnes	Diamètres (m)	Volume d'eau (L)
01	6	118692
02	30	593460
03	59,1	1169116,2
04	58,053	1148404,446
05	58,054	1148424,228
06	58,058	1148503,355
Quantité totale = 5326,6 m³		

Tableau 0.1 : Quantité d'eau dans les couronnes du bac T07.

Le débit d'eau nécessaire pour refroidir le bac T07 est: $5326600 / 25200 = 211,37 \text{ l/s}$

IV.2 Étude du deuxième scénario

Un déversement complet de gaz liquéfié (propane) au niveau du bac T08 et un feu de cuvette de rétention.

Le but de cette étude est de calculer :

- Le besoin d'émulseur est pour la fabrication de mousse pour l'extinction de feu avec une intervention au niveau de la cuvette à partir des déversoirs de mousse.
- Le besoin d'eau est pour la fabrication de la mousse d'intervention.
- Le besoin d'eau pour le refroidissement du bac avoisinant T07.

❖ Incendie de la cuvette de rétention du bac T08

Caractéristiques de la cuvette de rétention

La Surface de la cuvette de rétention = 23823,8 m².

Le taux d'application pour l'extinction proposé : d'après la norme NFPA 11 est 5 L /min.m².

Le taux d'application pour le refroidissement proposé : d'après la norme NFPA 15 est 15 L /min.m.

La concentration d'émulseur : 6 % d'après la qualité d'émulseur.

La mousse à bas foisonnement d'après NFPA 15 on prend foisonnement de 2.

La durée d'extinction est de (6h) 360 min.

La durée de refroidissement est de (7h) 420 min.

1. Calcul de quantité de mousse nécessaire pour l'extinction de la cuvette dans 10 min

La quantité de mousse = Surface de la cuvette de rétention × Le taux d'application × 10 min

$$(23823,8 \times 5 \times 360) = 42882840 \text{ L}$$

2. Calcul de quantité de la solution eau émulseur pour l'extinction :

La quantité de solution eau émulseur = Quantité de mousse / le foisonnement

$$(42882840 / 2) = 21441420 \text{ L}$$

3. Calcul de la quantité d'émulseur pour l'extinction de la cuvette

Quantité d'émulseur = (6% de la solution eau émulseur)

$$21441420 \times 6\% = 1286485,2 \text{ L} = 1286,4852 \text{ m}^3$$

4. Quantité et débit d'eau nécessaires pour l'extinction de la cuvette R303 (extinction à mousse)

Quantité d'eau nécessaire pour l'extinction = (94% de La solution eau émulseur)

$$21441420 \times 94\% = 20154934,8 \text{ L}$$

$$= \boxed{20\ 154,9348 \text{ m}^3}$$

Débit d'eau nécessaire pour l'extinction = 20154,9348 × 1000 / 21600

$$= \boxed{993,098 \text{ L/S}}$$

5. Quantité et débit d'eau nécessaires pour le refroidissement du bac T07 :

La quantité et débit d'eau nécessaires pour le refroidissement du bac T07 est égale à celle du scénario 1

Quantité d'eau = 5326,6 m³

Le débit d'eau = 211,37 l/s

6. La quantité d'eau nécessaire selon le scenario 2 :

$$\begin{aligned} \text{Eau d'extinction + eau de refroidissement} &= 20\,154,9348 + 5326,6 \\ &= \boxed{25481,5348 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

IV.3 Étude du réseau de conduites du système eau incendie du complexe :

Le réseau d'eau de la zone de stockage du GPL est constitué de huit mailles (figure IV.1), et un ensemble de consommateurs d'eau comme: lances monitors, hydrants, couronnes de refroidissements, buses et jets d'eau qui protègent les installations par un Le système de pompage qui alimente ce réseau est constitué de deux pompes électriques chacune à 4000 m³/h utilisées en cas d'incendie de grande envergure.

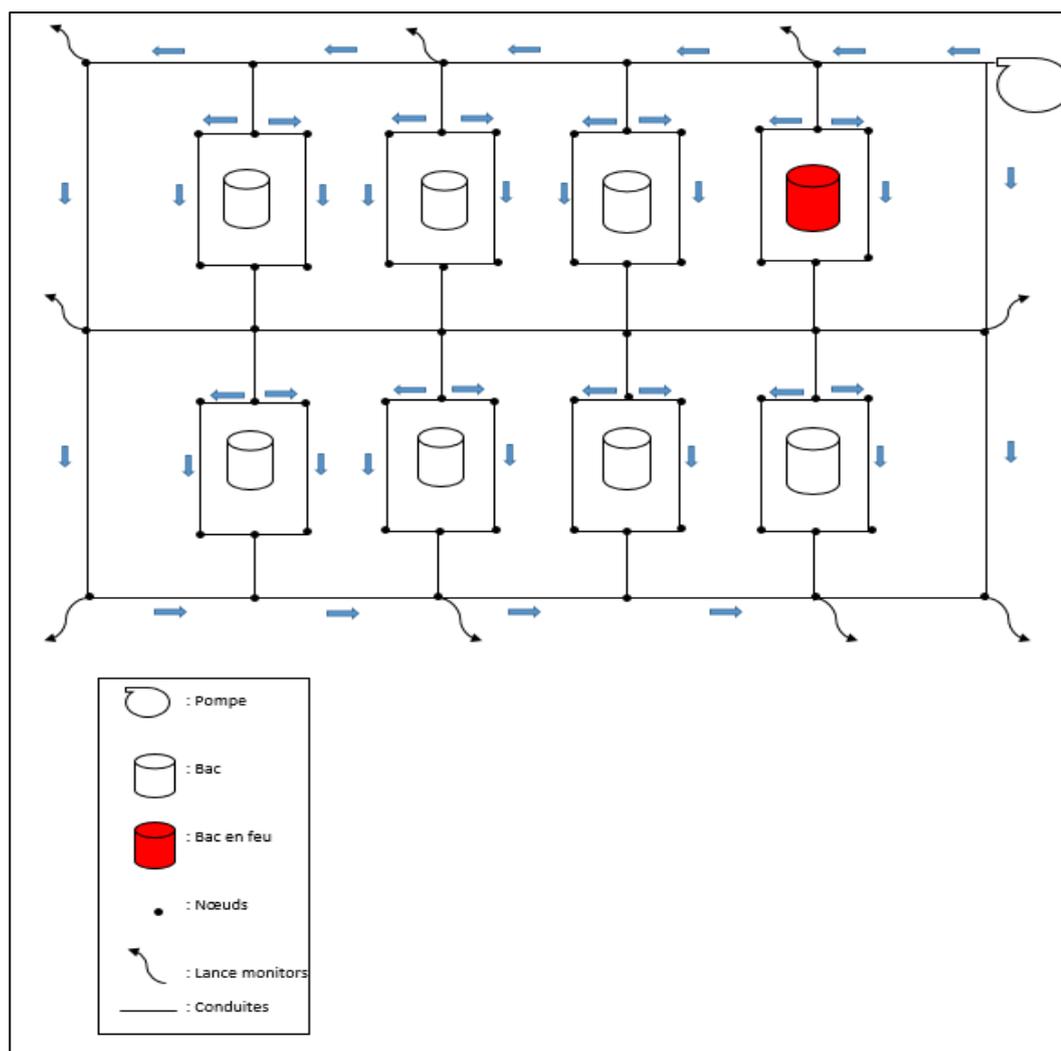


Figure IV.1 : Schéma du réseau eau incendie (section stockage).

Le bac en feu est le bac T08 selon le scénario 1 le débit d'eau nécessaire est de :211,37 l/s dans cette situation, ce sont les pompes électriques qui seront mis en service pour alimenter le réseau en eau ainsi que le système de refroidissement du bac T07.

Après simplification du schéma précédent et en tenant compte uniquement des deux bacs étudiés, nous obtenons deux mailles avec un débit d'entrée égale à 2200 l/s, l'estimation initiale des débits et du sens de leur écoulement sont illustrés dans la figure suivante :

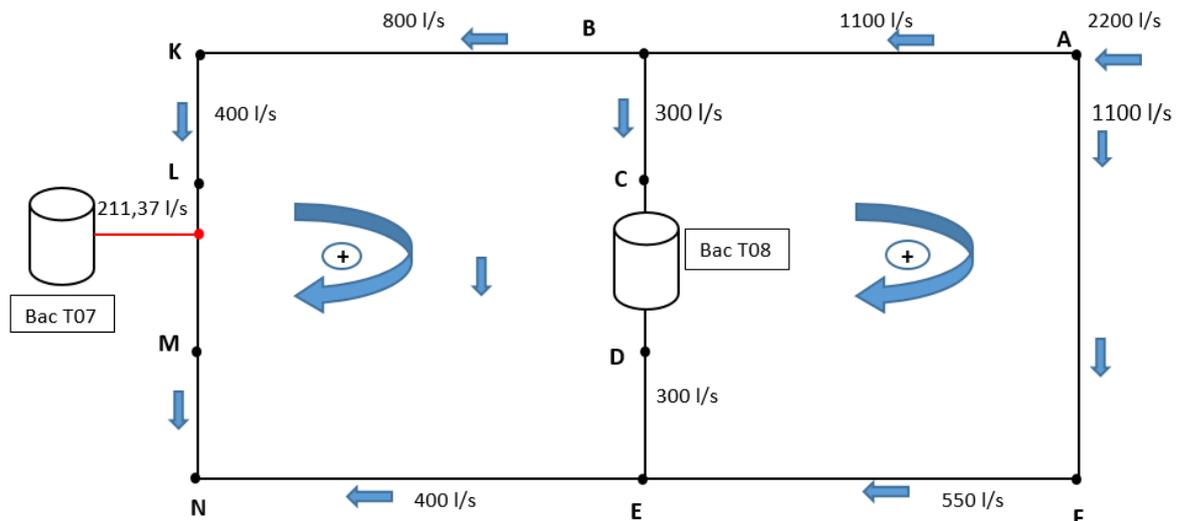


Figure IV.2 : Schéma du réseau eau incendie des bacs T07 et T08 selon le scénario 1.

Le tableau suivant représente les caractéristiques géométriques de chacun des tronçons du réseau étudié :

Tronçon	L (m)	D (m)	Q (L/S)
AB	150	1,016	1100
BC	30	0,4572	300
CD	190	0,3556	300
DE	30	0,508	300
EF	150	1,016	550
FA	250	1,016	1100
Tronçon	L (m)	D (m)	Q (L/S)
BK	150	1,016	800
KL	30	0,4572	400
LM	190	0,3556	188,63
MN	30	0,508	188,63
NE	150	1,016	400
ED	30	0,508	300
DC	190	0,3556	300
CB	30	0,4572	300

Tableau IV.2 : Caractéristiques géométriques de chacun des tronçons.

IV.3.1 Résultats de calcul pour le scénario 1

Nous avons effectué les calculs à l'aide du programme Excel de la méthode de Hardy cross décrit dans le paragraphe (III.4) un débit initial de 2200 l/s, les pertes de charge sont calculées à partir de l'équation de Hazen-Williams, et étant donné que ces calculs se font pour des conduites en acier, nous avons pris le coefficient de Hazen-Williams égale à 150.

[8]

Les résultats obtenus pour le scénario 1 sont illustrés dans le tableau suivant :

Tronçon	L (m)	D (m)	K	Q (L/S)	J (m)	ΔQ_1	Q'(l/s)
AB	150	1,016	0,22917024	823,247433	0,155317	$2,590310^{-6}$	823,24743
BC	30	0,4572	2,48385164	113,645834	0,03207988		113,645838
CD	190	0,3556	55,2688394	113,645834	0,71381781		113,645838
DE	30	0,508	1,46668955	113,645834	0,01894285		113,645838
EF	150	1,016	0,22917024	826,752567	0,1566424		826,75257
FA	250	1,016	0,3819504	1376,75257	0,72396699		1376,75257
		$\sum J_i/Q_i =$	7634,01797	$\sum J_i =$	-0,0395481		
Tronçon	L (m)	D (m)	K	Q (L/S)	J (m)	ΔQ_3	Q'
BK	150	1,016	0,22917024	709,601599	0,11539511	$7,1632 \cdot 10^{-6}$	709,601592
KL	30	0,4572	2,48385164	309,601599	0,238085		309,601592
LM	190	0,3556	55,2688394	98,2315994	0,53331374		98,2315923
MN	30	0,508	1,46668955	98,2315994	0,01415274		98,2315923
NE	150	1,016	0,22917024	490,398401	0,05511329		490,398408
ED	30	0,508	1,46668955	113,645834	0,01894285		113,645838
DC	190	0,3556	55,2688394	113,645834	0,71381781		113,645838
CB	30	0,4572	2,48385164	113,645834	0,03207988		113,645838
$\sum J_i =$	-0,191219		$\sum J_i/Q_i =$	13347,2664			

Tableau IV.3 : Résultats obtenus selon le scénario 1.

La condition de convergence du ΔQ vers la précision à environ 10^{-7} , étant obtenue, on peut procéder en conséquence au calcul des débits corrigés et les vitesses d'écoulement dans les conduites.

Tronçon	Débit corrigé (l/s)	V (m/s)
AB	823,24743	1,015952
BC	113,645838	0,692583
CD	113,645838	1,14488
DE	113,645838	0,60214
EF	826,75257	1,02027
FA	1376,75257	1,69902
Tronçon	Débit corrigé (l/s)	V (m/s)
BK	709,601592	0,87570
KL	309,601592	1,80678
LM	98,2315923	0,98959
MN	98,2315923	0,48490
NE	490,398408	0,60519
ED	113,645838	0,56099
DC	113,645838	1,14488
CB	113,645838	0,69258

Tableau IV.4 : Débits et vitesses dans les conduites.

Discussion :

D'après les résultats on remarque que les vitesses d'écoulements sont comprises entre 0,5 et 1,8 m/s, des valeurs qui sont tout à fait dans la gamme des vitesses d'écoulement admissibles dans les conduites [7].

Les pertes de charges sont assez faibles et on peut déduire que les diamètres des conduites sont convenables

IV.3.2 Résultat de calcul pour le scénario 2

Selon le scénario 2, la quantité d'eau totale pour extinction de la cuvette du bac T08 et refroidissement du bac T07 est de 25481,534 m³. Chaque opération exige :

Un débit de refroidissement égale à 211,37 l/s.

Un débit d'extinction égale à 993,098 l/s.

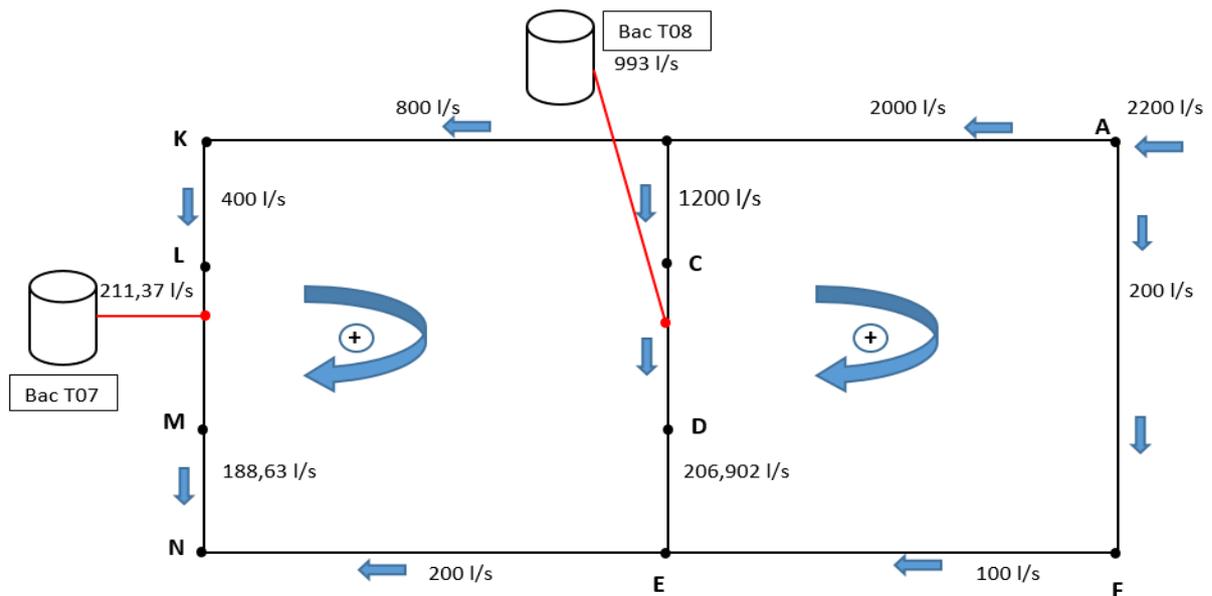


Figure IV.3 : Schéma du réseau eau incendie des bacs T07 et T08 selon le scénario 2.

La répartition des débits est regroupée sur le tableau suivant :

Tronçon	L (m)	D (m)	K	Q (L/S)
A B	150	1,016	0,22917024	2000
B C	30	0,4572	2,48385164	1200
C D	190	0,3556	55,2688394	206,902
D E	30	0,508	1,46668955	206,902
E F	150	1,016	0,22917024	100
F A	250	1,016	0,3819504	200
Tronçon	L (m)	D (m)	K	Q (L/S)
B K	150	1,016	0,22917024	800
K L	30	0,4572	2,48385164	400
L M	190	0,3556	55,2688394	188,63
M N	30	0,508	1,46668955	188,63
N E	150	1,016	0,22917024	200
E D	30	0,508	1,46668955	206,902
DC	190	0,3556	55,2688394	206,902
CB	30	0,4572	2,48385164	1200

Tableau IV.5 : Répartitions des débits dans les tronçons.

Les résultats obtenus pour le scénario 2 sont illustrés dans le tableau suivant :

Tronçon	L (m)	D (m)	K	Q (L/S)	J (m)	$\Delta Q 1$	Q'	V (m/s)
A B	150	1,016	0,22917024	1999,99977	0,91668076	0,00022598	1999,99955	2,46815724
B C	30	0,4572	2,48385164	1199,99971	3,57674463	0,00022598	1199,99942	7,31305662
C D	190	0,3556	55,2688394	206,90171	2,36596602	0,00022598	206,901419	2,08434838
D E	30	0,508	1,46668955	206,90171	0,06278651	0,00022598	206,901419	1,0213307
E F	150	1,016	0,22917024	100,000226	0,00229171	0,00022598	100,000452	0,12340845
F A	250	1,016	0,3819504	200,000226	0,01527805	0,00022598	200,000452	0,24681634
		$\sum J_i/Q_i$	15276,9468	$\sum J_i =$	-6,9046082			
Tronçon	L (m)	D (m)	K	Q (L/S)	J (m)	$\Delta Q 3$	Q'	V (m/s)
B K	150	1,016	0,22917024	800,000064	0,14666898	-6,443E-05	800,000129	0,98726328
K L	30	0,4572	2,48385164	400,000064	0,39741639		400,000129	2,4376875
L M	190	0,3556	55,2688394	188,630064	1,96653722		188,630129	1,90028132
M N	30	0,508	1,46668955	188,630064	0,05218672		188,630129	0,93113785
N E	150	1,016	0,22917024	199,999936	0,0091668		199,999871	0,24681562
E D	30	0,508	1,46668955	206,90171	0,06278651		206,901419	1,0213307
DC	190	0,3556	55,2688394	206,90171	2,36596602		206,901419	2,08434838
CB	30	0,4572	2,48385164	1199,99971	3,57674463		1199,99942	7,31305662
		$\sum J_i/Q_i$	26644,0367	$\sum J_i =$	3,43352104			

Tableau IV.6 : Les résultats obtenus pour le scénario 2.

Discussion :

Après vérification de la condition de convergence ΔQ qui est de l'ordre de 10^{-5} , on remarque d'après le tableau que les vitesses des tronçons AB, BC, CD, KL sont élevées par rapport à la norme exigée [7], dans ces conditions une correction des diamètres de ces tronçons s'avère nécessaire ainsi, l'augmentation du diamètre pourrait être la solution à ce problème. Nous proposons un diamètre du tronçon AB égale à 1,27m (50"), 0,889 m (35") pour le tronçon BC, 0,381m (15") pour le tronçon CD et 0,889m (35") pour le tronçon KL.

Les résultats des vitesses sont illustrés sur le Tableau:

Tronçon	L (m)	D (m)	Q (L/S)	J (m)	Q'(l/s)	V (m/s)
A B	150	1,27	1999,99963	0,30037791	1999,99951	1,57962061
B C	30	0,889	1199,99966	0,12867975	1199,99954	1,93422905
C D	190	0,381	206,901657	1,67568416	206,901542	1,81570011
D E	30	0,508	206,901657	0,06278648	206,901542	1,02133131
E F	150	1,016	100,000368	0,00229172	100,000491	0,1234085
F A	250	1,016	200,000368	0,01527807	200,000491	0,24681639
Tronçon	L (m)	D (m)	Q (L/S)	J (m)	Q'	V (m/s)
B K	150	1,016	799,999975	0,14666895	799,999967	0,98726308
K L	30	0,889	399,999975	0,01429776	399,999967	0,64474321
L M	190	0,3556	188,629975	1,96653536	188,629967	1,90027969
M N	30	0,508	188,629975	0,05218667	188,629967	0,93113705
N E	150	1,016	200,000025	0,00916681	200,000033	0,24681582
E D	30	0,508	206,901657	0,06278648	206,901542	1,02133131
DC	190	0,381	206,901657	1,67568416	206,901542	1,81570011
CB	30	0,889	1199,99966	0,12867975	1199,99954	1,93422905

Tableau IV.7 : Les résultats des vitesses obtenus.

Comme prévu, les vitesses d'écoulement ont diminué donc les diamètres suggérés concorde avec les conduites du réseau.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire avait pour ambition de montrer que nous pouvons prévoir avec certitude une quantité d'eau, qui peut satisfaire simultanément les besoins en terme d'extinction et en terme de refroidissement et cela face à un type de scénario d'incendie choisi.

D'après les scénarios imaginés nous avons constaté que le réseau d'eau incendie du complexe GP1Z offre une quantité en eau pour le refroidissement de 5326,6 m³ selon le premier scénario, et une quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement et l'extinction selon le deuxième scénario de 25481,5348 m³.

Le traitement manuel de la méthode de Hardy-Cross, présenté dans la littérature paraît long et complexe, une informatisation de cette méthode est inévitable. À cet effet, nous avons pu mettre au point un logiciel EXCEL qui nous a permis d'estimer les débits et de calculer les pertes de charges ainsi que les vitesses d'écoulement et de vérifier par conséquence la conformité des diamètres des conduites conçues.

Ensuite on a vérifié la conformité entre les diamètres et vitesses, pour le premier scénario la méthode a été validé, par contre pour le deuxième scénario une légère différence entre les vitesses calculées et ceux de la littérature pour cela nous avons suggéré des diamètres convenables.

Notre travail a également révélé que l'importance du réseau anti-incendie dans les installations d'hydrocarbures est dans l'efficacité du choix de dispositifs utilisés pour la protection contre l'incendie.

En fin de ce modeste travail est une première expérience pratique et une phase préparatoire importante pour les prochains projets.

Références bibliographiques

- [1] : Manuel opératoire du complexe GP1Z– département technique.
- [2] : Manuel Opérateur (Section Déshydratation) phase I, (1983). Drawing N° (F) B0100-9102 ; (IHI) Ishikawajima-Harima Heavy Industries CO., Ltd. ; SONATRACH. Pages 237-240.
- [3] : Manuel Opérateur (Section Séparation) phase I, (1983). Drawing N° (F) B0100-9104 ; (IHI) Ishikawajima-Harima Heavy Industries CO., Ltd. ; SONATRACH. Pages 114-119.
- [4] : Manuel Opérateur (Section Réfrigération) phase I, (1983). Drawing N° (F) B0100-9105 ; (IHI) Ishikawajima-Harima Heavy Industries CO., Ltd. ; SONATRACH. Pages 286-288.
- [5] : Manuel Opérateur (Section Huile Chaude) phase I, (1983). Drawing N° (F) B0100-9103 ; (IHI) Ishikawajima-Harima Heavy Industries CO., Ltd. ; SONATRACH. Pages 349-353.
- [6] : Manuel opératoire du complexe GP1Z– département sécurité.
- [7] : Hydraulique urbaine Tome II, Ouvrage de transport –élévation et distribution des eaux Par A.Dupont edition eyrolles paris 1974
- [8] : Analysis flow in water distribution networks, Pramod R. Bhave, Technomic publishing compagny, Inc. Lancaster Pennsylvania 1706 U.S.A, 1991.
- [9] : Utility Flow Sheet Fire Water Section Entreprise algéro-française d'ingénierie et de réalisation.
- [10] : Mémoire Etude et dimensionnement d'un réseau anti-incendie SONATRACH Béjaïa par CHERIFI Nassim, juin 2013.
- [11] : Fire protection Handbook, 9^{ème} édition, Volume I et II, Arthur E. Cote. 2003.

Annexe 1 : Dimensions des couronnes et buses au niveau des bacs. [6]

Couronnes			Buses		
Couronne N01	Diamètre de la couronne	6m	Buse	Type de la buse	3/8"
	Diamètre du tube	4"		Débit	25litre/min à 2 bar
	épaisseur du tube	4,5 mm		Le nombre	93 par couronne
Couronne N02	Diamètre de la couronne	30 m	Buse	Type de la buse	3/4"
	Diamètre du tube	6"		Débit	60litre/min à 2bar
	épaisseur du tube	5 mm		Le nombre	120 par couronne
Couronne N 03	Diamètre de la couronne	59,1 m	Buse	Type de la buse	1/4"
	Diamètre du tube	4"		Débit	10litre/min à 2bar
	épaisseur du tube	4,5 mm		Le nombre	220 par couronne
Couronne N 04	Diamètre de la couronne	58,053 m	Buse	Type de la buse	1/4"
	Diamètre du tube	4"		Débit	7,5 litre/min à 2bar
	épaisseur du tube	4,5 mm		Le nombre	264 par couronne
Couronne N 05	Diamètre de la couronne	58,054 m	Buse	Type de la buse	1/4"
	Diamètre du tube	4"		Débit	7,5 litre/min à 2bar

	épaisseur du tube	4,5 mm		Le nombre	264 par couronne
Couronne N 06	Diamètre de la couronne	58,058 m	Buse	Type de la buse	1/2"
	Diamètre du tube	6"		Débit	50 litre/min à 2bar
	épaisseur du tube	5 mm		Le nombre	252 par couronne

Annexe 2 : Dimensions des couronnes et buses au niveau des sphères de charges. [6]

Couronnes			Buses		
Couronne N01	Diamètre de la couronne	7m	Buse	Débit	23.7litres/min à 10bar 16.8 litres/min à 05 bar
	Diamètre du tuyau	2 "		Le nombre	25
Couronne N02	Diamètre de la couronne	13,5 m	Buse	Débit	23.7litres/min à 10 bar 16.8 litres/min à 05 bar
	Diamètre du tuyau	2 "		Le nombre	25
Couronne N03	Diamètre de la couronne	13,5m	Buse	Débit	23.7litres/min à 10 bar 16.8 litres/min à 05 bar
	Diamètre du tuyau	2 "		Le nombre	20
Couronne N04	Diamètre de la couronne	5,5m	Buse	Débit	23.7litres/min à 10 bar 16.8 litres/min à 05 bar
	Diamètre du tuyau	2 "		Le nombre	04

Annexe 3 : Dimensions des couronnes et buses au niveau des sphères de produits finis. [6]

Couronnes			Buses		
Couronne N01	Diamètre de la couronne	7m	Buse	Type de la buse	E2-130°-304- 768
	Diamètre du tuyau	2"		Débit	17.9 litres/min à 10 bar 12.5 litres/min à 05bar
				Nombre	21
				Nuance	Laiton
Couronne N02	Diamètre de la couronne	10.94.5m	Buse	Type de la buse	E2-130°-304- 768
	Diamètre du tuyau	2"		Débit	17.9 litres/min à 10 bar 12.5 litres/min à 05bar
	Épaisseur du tuyau	Sch 40		Nombre	20
	La nuance	A-106 Gr.B galvanisé		Nuance	Laiton
Couronne N03	Diamètre de la couronne	10.94m		Type de la buse	E2-130°-304- 768
	Diamètre du tuyau	2"		Débit	17.9litres/min à 10 bar 12.5 litres/min à 05bar
		SCH 40			

	Épaisseur du tuyau			Nombre	17
	Nuance	A-106 Gr.B galvanisé		Nuance	Laiton
Couronne N04	Diamètre de la couronne	4.36m	Buse	Type de la buse	E2-130°-304- 768
	Diamètre du tuyau	2"		Débit	17.9litres/min à 10 bar 12.5 litres/min à 05bar
	Épaisseur du tuyau	SCH 40		Nombre	03
	Nuance	A-106 Gr.B galvanisé		Nuance	Laiton

Annexe 4 : Schéma Fire water section. [9]

