

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : **Energétique**

Par :

**SAOUDI Nacir**

## **Thème**

---

**Etude d'un système de détection / extinction automatique d'incendie  
du l'E.RE.NAV de Bejaia**

---

Soutenu le 14/11/2024 devant le jury composé de:

**Mr. MENDIL Fatah**

Président

**Mr. BENSLIMANE Hakim**

Rapporteur

**Mr. HAMDI Massoud**

Examineur

**Année Universitaire 2019-2020**

# *Remerciements*

*Suite à l'élaboration de ce travail, et avant toute chose nous tenons à remercier le bon dieu de nous avoir donné le courage, la volonté ainsi la patience pour mener ce travail jusqu'à sa fin.*

*Le présent travail n'est pas seulement le fruit de nos efforts, mais également celui de bien des personnes à qui nous devons l'expression de nos vifs remerciements.*

*Nous adressons notre plus haut respect et notre sincère gratitude à notre promoteur **Mr BENSLIMANE Hakim** pour son soutien et ses conseils*

*Nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail à bon port.*

*Je remercie également les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Nous voudrions aussi exprimer notre reconnaissance envers les amies et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche.*

*Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de notre travail et à l'ensemble de personnel **l'E.R.E.NAV de Bejaia***



*SAOUDI Nacir -*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné à la vie,  
qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite,*

*A ma  
mère...*

*A mon père, qui a été mon ombre durant toutes les années  
des études, qui a veillé à me donner l'aide,*

*A m'encourager et à me protéger, que dieu les gardes et  
les protèges.*

*A mon adorable sœur et mes frères*

*A ma très chère nièce*

*A tout ma famille*

*A mes très chers amis*

*A tous ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime*



*- SAOUDI Nacir -*

# *Sommaire*

## *Sommaire*

---

Remerciements

**Dédicaces**

**Sommaire**

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction Générale..... 1**

### **Chapitre I**

#### **Présentation de l'entreprise**

**Introduction ..... 3**

I.1. Présentation de l'entreprise E.RE.NAV ..... 3

I.1.1. Définition de l'E.RE.NAV ..... 3

I.1.2. Les Chantiers..... 4

A. URNAL ..... 4

B. URNO ..... 4

C. URNAB ..... 4

I.2. Présentation de Moyen de mise à sec (Dock Flottant) ..... 5

I.2.1. Définition du dock flottant ..... 5

I.2.2. Fonctionnement..... 5

**Conclusion ..... 6**

### **Chapitre II**

#### **Description et dimensionnement du réseau anti incendie**

**Introduction ..... 8**

II.1. Principes de base de la protection incendie ..... 8

II.2. Définition de la norme NFPA ..... 9

II.3. Les différents systèmes de protection ..... 9

II.4. Caractéristique principales des différents éléments d'une installation fixe..... 9

II.5. Système de détection ..... 9

II.6. Analyse préliminaire des risques (APR) et étude de dangers (EDD) ..... 10

II.7. Description du réseau anti incendie ..... 10

II.7.1. Réseau incendie ..... 10

II.7.2. Approvisionnement en eau ..... 11

II.7.2.1. Pompage..... 11

II.7.2.2. Pompe immergée ..... 12

## *Sommaire*

---

II.8. Règles et design .....	13
II.8.1. Réseau de tuyauterie .....	13
II.8.2. Tuyau d'incendie .....	14
II.8.3. Vitesse maximale .....	14
II.8.4. Vannes .....	14
II.8.5. Pompe incendie .....	14
II.9. Système de pompage .....	15
II.9.1. Définition d'une pompe .....	15
II.9.2. Turbopompe .....	15
II.9.3. Catégorie des pompes .....	15
II.9.3.1. Pompes hélices (axiales) .....	16
II.9.3.2. Pompes hélico-centrifuges .....	16
II.9.3.3. Constitution d'une turbo pompe .....	17
II.9.4. Les pompes centrifuges .....	19
II.9.5. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge .....	19
II.9.6. Classification des pompes centrifuges .....	21
II.9.6.1. Nombre de roue, (pompes mono et multicellulaires) .....	22
A. Pompes monocellulaires .....	22
B. Pompes multicellulaires .....	22
II.9.6.2. Forme des aubes de la roue .....	23
II.9.6.3. Direction de l'axe .....	23
II.9.7. Types d'affluent à pomper .....	23
II.9.8. Avantages et inconvénients des pompes centrifuges .....	24
<b>Conclusion .....</b>	<b>24</b>

### **Chapitre III**

#### **Equilibrage du réseau et système de pompage**

<b>Introduction .....</b>	<b>26</b>
III.1. Généralités .....	26
III.1.1. Vitesse d'écoulement .....	26
III.1.2. Régime d'écoulement .....	26
III.1.3. Nombre de Reynolds .....	27
III.1.4. Viscosité .....	27
III.1.5. Rugosité .....	27
III.1.6. Equation de Bernoulli .....	28

## *Sommaire*

---

III.2. Pertes de charge .....	28
III.2.1. Pertes de charge linéaires .....	28
III.2.1.1. Coefficient de perte de charge linéaire .....	29
III.2.2. Pertes de charge singulières.....	30
III.2.2.1. Coefficient de perte de charge singulière .....	31
III.2.3. Le débit de refoulement ( $Q_v$ ) .....	32
III.2.4. Les courbes caractéristiques d'une pompe .....	33
III.3. Choix de la pompe.....	34
<b>Conclusion .....</b>	<b>34</b>

### **Chapitre IV**

#### **Résultats des calculs**

<b>Introduction .....</b>	<b>36</b>
IV.1. Résultat des calculs .....	36
IV.1.1. Vitesse d'écoulement .....	36
IV.1.2. Régime d'écoulement.....	37
IV.1.3. Le nombre de Reynolds.....	38
IV.1.4. Perte de charge .....	38
IV.1.4.1. Perte de charge linéaire .....	38
IV.1.4.2. Pertes de charge singulière .....	40
IV.2. Discussion .....	40
<b>Conclusion .....</b>	<b>40</b>
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>41</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>43</b>

## *Liste d'abréviation*

---

### **Liste d'abréviation**

**API** : American Petroleum Institute

**ARH** : Autorité de Régulation des Hydrocarbures

**EN** : Européen Normative (Normative Européenne)

**F&G** : Fire and Gas (Feu et Gaz)

**ICPE** : Installations Classées pour la protection de L'Environnement

**M.D.O** : Maitre de l'ouvrage

**ME** : Ministre de l'Energie

**NFPA** : National Fire Protection Association

**PV** : Procès-Verbal

**SPM** : Singe Point Mooring (Amarrage sur Bouée Unique)

**USD** : Unité de Stockage et de Dosage d'Emulseur



**Liste des tableaux**

<b>Tableau III.1:</b> Coefficient de perte de charge singulière des coudes.....	31
<b>Tableau III.2:</b> Coefficient de perte de charge singulière des vannes.....	32
<b>Tableau IV.1:</b> Caractéristique de réseau .....	36
<b>Tableau IV.2:</b> Résultats vitesse d'écoulement .....	37
<b>Tableau IV.3:</b> Nombre de Reynolds et type d'écoulement.....	38
<b>Tableau IV.4:</b> Perte de charge linéaire.....	39
<b>Tableau IV.5:</b> Perte de charge singulière .....	40

**Liste des figures**

<b>Figure I.1</b> : La direction générale de l'E.RE.NAV .....	3
<b>Figure I.2</b> : Ballastage et déballastage du Dock flottant .....	5
<b>Figure I.3</b> : Dock à vide.....	6
<b>Figure I.4</b> : Dock en Cours de ballastage et d'enfoncement .....	6
<b>Figure I.5</b> : Entrée du bateau sur fin du déballastage .....	6
<b>Figure I.6</b> : Positionnement et arrimage .....	6
<b>Figure II.1</b> : Réseau anti-incendie .....	11
<b>Figure II.2</b> : Pompe centrifuge pour le ballastage.....	12
<b>Figure II.3</b> : Pompe immergée. ....	13
<b>Figure II.4</b> : Tuyauterie en acier (HP).....	13
<b>Figure II.5</b> : Représentation d'une pompe axiale à écoulement axial.....	16
<b>Figure II.6</b> : Pompe hélices. ....	16
<b>Figure II.7</b> : Représentation d'une pompe hélico-centrifuge à écoulement diagonal. ....	17
<b>Figure II.8</b> : Pompe hélico-centrifuges. ....	17
<b>Figure II.9</b> : Constitution d'une pompe.....	19
<b>Figure II.10</b> : Un schéma explicatif du fonctionnement d'une pompe centrifuge .....	20
<b>Figure II.11</b> : Coupe verticale de la roue d'une pompe centrifuge .....	20
<b>Figure II.12</b> : Pompe centrifuge monocellulaire .....	22
<b>Figure II.13</b> : Pompe centrifuge multicellulaire.....	23
<b>Figure III.1</b> : Les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge.....	33

# *Introducción General*

## *Introduction Générale*

---

Le risque d'incendie est un agent de détérioration très dangereux qui peut causer des dommages graves et parfois irréparables aux biens et installations industriels 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 ainsi que un effet néfaste sur l'environnement, ce que fait que ce risque d'incendie est parmi les soucis majeurs de l'entreprise L'E.RE.NAV Bejaïa, à cet effet l'entreprise a accordé la plus haute priorité possible à la prévention et à la lutte contre les incendies.

Par conséquent, des efforts ont été consacré afin de minimiser ou bien d'éliminer à limiter les risques qu'un incendie survienne. De ce fait, l'entreprise L'E.RE.NAV s'est doté d'un réseau anti-incendie dans tous ces sièges y compris son dock flottant qui au cours des années se dégradé et ne répond plus aux normes et exigences internationales de sécurité. C'est dans une logique de conception d'un nouveau réseau conforme à ces normes que s'inscrit le présent travail dont le thème est libellé comme suit «Théories de dimensionnement d'un réseau anti incendie ».

Le présent travail est divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous présenterons l'entreprise ainsi son dock flottant, par suite son évolution et ses différentes activités industrielles.

Le second chapitre englobe la description du réseau anti-incendie existant ainsi les principes de bases de cette installation et les règles générales de conception. Puis, nous allons décrire le système de pompage de même le rôle des pompes centrifuges.

Le troisième chapitre sera consacré aux différentes équations nécessaires afin de faire l'étude du réseau et pareillement voir les différentes caractéristiques du système de pompage.

Le quatrième chapitre, nous aborderons la partie calculs hydraulique, le calcul des pertes charges linéaires et singulière, la vitesse et le régime d'écoulement.

Nous terminons ce travail par une conclusion générale qui passera en revue tout ce qui a été abordé dans ce mémoire...

# *Chapitre I*

## *Présentation de l'entreprise*

## **Introduction**

Ce chapitre présente l'histoire et le développement de l'entreprise L'E.RE.NAV et ses nombreuses activités industrielles. Par suite, nous entamerons la description du dock flottant de l'U.R.NA.B, ainsi nous décrivons les différentes orientations de l'unité de Bejaïa.

### **I.1. Présentation de l'entreprise E.RE.NAV**

#### **I.1.1. Définition de l'E.RE.NAV**



**Figure I.1** : La direction générale de l'E.RE.NAV

L'Enterprise de réparations navales (l'E.RE.NAV) est née le 7 avril 1987 conformément au décret n°87-77, au capital de 1550MDA, dont le siège social est à Alger[1]

L'ERENAV est un chantier de réparation navale qui propose des prestations globales de maintenance à tous les types de navires de moyen tonnage : dragues, navires de recherche, vraquiers, navires à passagers, cargos, porte-conteneurs, remorqueurs, barrages, pétroliers, et même les navires militaires. [1]

Basée dans 4 des plus grands ports d'Algérie, répartis sur le 1,640KM de cotes algériennes, son implantation géographique est favorable .Ces ports sont situés en baies relativement abritées contre les perturbations météorologiques .De plus, les tirants d'eau y sont également favorables (13m à Oran, 16m à Arzew, 12m à Bejaia, 7m et 8m à Alger) : cet atout permet d'attirer les navires de gros tonnage, ce qui laisse espérer des opportunités d'affaire prometteuse. [1]

**I.1.2. Les Chantiers****A. URNAL**

Unité de Réparation d'Alger. Superficie de l'unité : 23400m<sup>2</sup> dont 9000m<sup>2</sup> couverts.

Infrastructures existantes [1] :

- Une cale seche de 137m × 18m.
- Une cale seche de 76 m × 12m.
- Un quai de reparation : 216 m.
- Des ateliers de fabrication de reparation

**B. URNO**

Unité de réparation d'Oran. Superficie de l'unité : 5000m<sup>2</sup> dont 2500m<sup>2</sup> couverts

Infrastructures existantes [1]:

- Cale de halage de 800 tonnes.
- Cales de halage de 200 tonnes chacune.
- Quai de réparation de 120m, indisponible depuis 5ans, pour cause d'accostage d'une épave sur le quai.
- Un atelier de production.
- Unité annexe d'Arzew, dépendant de l'Unité d'Oran.
- Un atelier de production.

**C. URNAB**

Unité de réparation de Bejaïa. Superficie de l'unité : 12000m<sup>2</sup> dont 2500m<sup>2</sup> couverts,

Située à 250 Km à l'Est d'Alger dans port pétrolier et de commerce.

Infrastructures existantes [1] :

- Dock flottant de 15000 tonnes (190 × 32 m).
- Un atelier de production.

L'entreprise emploie près de 1058 personnes entre ses différents chantiers centre-est et ouest. Elle dispose d'importantes infrastructures et d'un savoir-faire reconnu dans plusieurs domaines, à savoir la réparation mécanique. [1]

## I.2. Présentation de Moyen de mise à sec (Dock Flottant)

### I.2.1. Définition du dock flottant

Le dock flottant est une structure métallique particulière servant principalement à la réfection et la réparation des navires. C'est une superstructure flottante, presque complètement immergée pour accueillir le bâtiment, puis s'élève au-dessus de l'eau pour sécher le bateau. Le système est basé sur le principe du ballast. Ce quai est dit : autonome, il n'y a pas de limite à ses dimensions qui peuvent être prévues pour les plus forts tonnages.

Le quai flottant n'a pas de système de propulsion, mais il peut être déplacé d'un endroit à un autre à l'aide d'un remorqueur. La société de classification contrôle sa construction ainsi que son suivi et son entretien réguliers. [2]

### I.2.2. Fonctionnement

Le dock flottant se compose d'une plate-forme horizontale avec deux caissons longitudinaux des deux côtés. En manipulant l'eau dans le ballast, le composant peut être immergé à une certaine profondeur, de sorte que la profondeur d'immersion de la plate-forme soit inférieure au tirant d'eau du navire. Inclinaison : En opérant dans le sens inverse, la plate-forme apparaît, rendant le navire sec. [2]

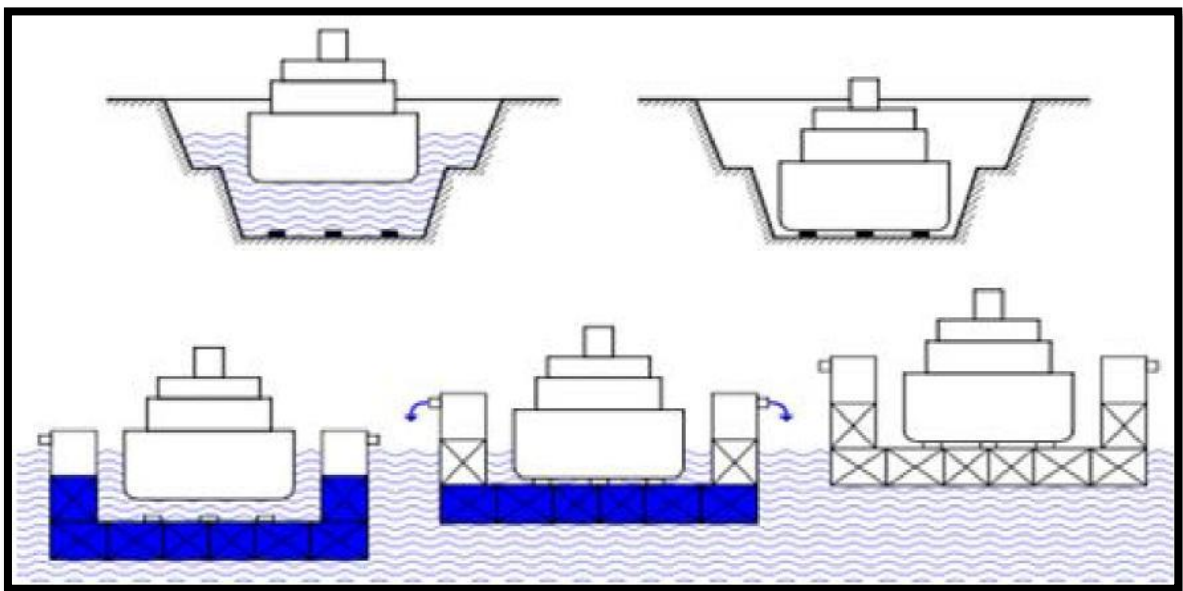
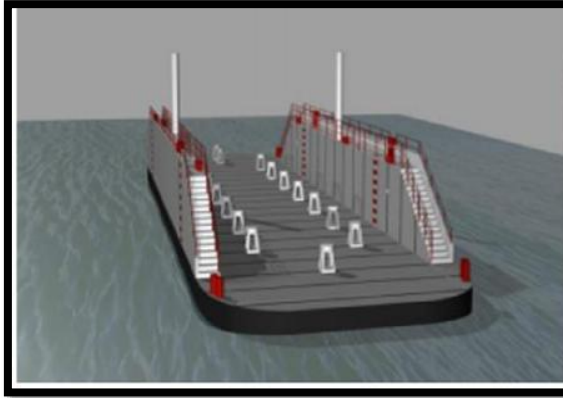
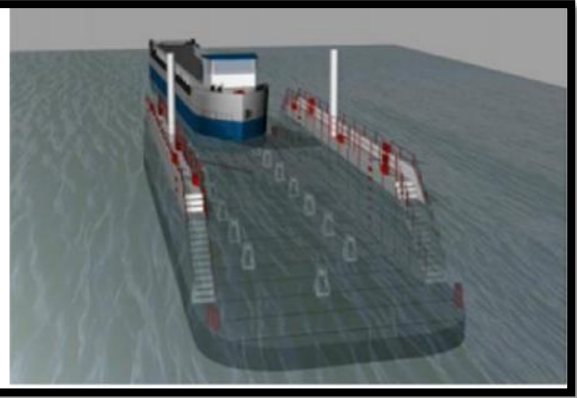


Figure I.2 : Ballastage et déballastage du Dock flottant





**Figure I.3 :** Dock à vide



**Figure I.4 :** Dock en Cours de ballastage et d'enfoncement



**Figure I.5 :** Entrée du bateau sur fin du déballastage



**Figure I.6 :** Positionnement et arrimage

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise E.RE.NAV d'une manière générale. Ainsi on a parlé du Dock flottant situé au niveau de l'unité de Bejaia, ce qui fera objet des prochains chapitres.

## *Chapitre II*

### *Description et dimensionnement du réseau anti incendie*

## **Introduction**

Dans ce présent chapitre, nous allons aborder la description du réseau anti incendie existant, ainsi que les principes de base d'une installation anti incendie en l'occurrence les règles de conception. Enfin, nous concluons par la description du système de pompage.

### **II.1. Principes de base de la protection incendie**

La protection incendie met en œuvre l'ensemble des techniques disponibles, afin d'adapter au mieux les solutions possibles par rapport au risque identifié [3]:

- Protection passive (mur coupe-feu, mur anti-explosion)
- Protection active (eau, mousse, autres systèmes)

La combinaison de ces différentes possibilités détermine le plan d'intervention, en permettant d'optimiser les moyens mis en œuvre et le temps de réaction associé.

Il est pratiquement impossible et prohibitif en terme de coût de dimensionner les installations de protection incendie sur la base d'un événement catastrophique, gravité élevée et faible probabilité.

L'objectif habituel d'un système de protection est de pouvoir empêcher un événement mineur de se développer en événement majeur pour l'installation et son environnement.

Le dimensionnement de l'installation incendie repose généralement sur le principe d'un seul événement qui peut survenir à la fois sur l'installation.

La grande variété et l'intensité des feux possibles dans les installations de traitement des hydrocarbures impliquent que la détermination du moyen de protection et donc du besoin en eau associé n'est pas une science exacte. Par conséquent nous avons recourt aux normes suivantes :

- NFPA (National Fire Protection Association) ;
- BS (British Standard).

Dans notre étude, nous allons nous référencier aux normes américaines NFPA.

## **II.2. Définition de la norme NFPA**

NFPA (Association nationale de protection contre l'incendie), a été fondée est née aux États-Unis en 1896, cette organisation à composition international établit et met à jour la protection incendie et les mesures de prévention [3].

## **II.3. Les différents systèmes de protection**

La plupart des installations utilise trois types d'équipements de lutte incendie, pouvant être mises en œuvre immédiatement [3]:

- Système fixe : système de protection installé en permanence et connecté à une source d'agent extincteur (eau, mousse, CO<sub>2</sub>, ..).
- Système semi-fixe : système de protection installé en permanence non connecté à une source d'agent extincteur (connexion effectuée par du personnel entraîné).
- Equipements portables : équipements amenés sur le lieu de l'incident et mis en œuvre manuellement.

## **II.4. Caractéristique principales des différents éléments d'une installation fixe**

Une installation de protection fixe comprend classiquement [3] :

- Des systèmes de détection et d'alarme ;
- Une réserve d'eau incendie et d'émulseur ;
- Des pompes (pompes principales et pompes jockey) ;
- Un réseau maillé sectionnable d'eau ;
- Des consommateurs (diffuseurs, déversoirs, poteaux incendie, lances monitors).

## **II.5. Système de détection**

Un système de détection a pour objectif [4]:

- D'informer le personnel ;
- De déclencher des actions automatiques, ou non, au niveau du procès et des moyens de protection.

En fonction de l'événement redouté et de ses conséquences immédiates, la détection peut être:

- Humaine (ronde opérateur, monitoring en salle de contrôle avec déclenchement manuel des alarmes / actions) ;
- Automatique grâce à des systèmes instrumentés (instruments adaptés à l'événement à détecter).

## **II.6. Analyse préliminaire des risques (APR) et étude de dangers (EDD)**

Sur un site industriel, l'ensemble des événements redoutés (ou initiateurs) est identifié le plus souvent lors de l'analyse préliminaire des risques.

Un événement redouté et ses conséquences constituent un scénario, il nécessite la mise en place de mesures de prévention et / ou de détection et / ou de protection.

La quantification des conséquences d'un scénario en termes de gravité et de probabilité permet d'élaborer l'étude de dangers du site, bien utilisée, l'étude de danger représente un outil précieux pour la mise en place des moyens de prévention, détection et protection sur un site.

L'impact de chaque scénario est traduit sous forme de cercles de danger, les cercles représentés sur le plan d'implantation permettent d'identifier les équipements (bacs, manifold, bâtiments, accès), impactés par l'événement. Certains de ces éléments peuvent, alors, à leur tour générer eux-mêmes un nouvel événement initiateur avec ses propres conséquences (effet domino), cet effet domino doit être pris en compte dans le design des moyens de prévention.

## **II.7. Description du réseau anti incendie**

### **II.7.1. Réseau incendie**

Le réseau actuel équipé par le dock flottant de l'unité de Bejaïa est comme suite [2]:

- Une longueur de 165m dans les deux côté Tribord et Bâbord avec un raccordement de 36m.
- Des contraintes de 15m (10 contraintes).
- 10 vannes et 24 nœuds.
- 34 bouchons et 5 soupapes.

Diamètre :

- 4.9' (125mm) pour un réseau de 366 m.
- 2.55' (65mm) pour un réseau de 150m (15m chaque contrainte).
- Bouchons et vannes d'incendie de diamètre 65mm.



**Figure II.1** : Réseau anti-incendie

## **II.7.2. Approvisionnement en eau**

- Eau de mer.
- Bassin de en eau douce.

### **II.7.2.1. Pompage**

Le dock flottant dispose de [2]:

- 4 pompes centrifuges pour le ballastage.
- 2 pompes centrifuges (immergées) pour le réseau anti-incendie.



**Figure II.2 :** Pompe centrifuge pour le ballastage.

### II.7.2.2. Pompe immergée

Les pompes submersibles, comme leur nom l'indique, sont des pompes installées sous l'eau. L'utilisation de pompes submersibles permet de pomper l'eau de puits ou de forages, là où l'utilisation de pompes de surface s'est avérée impossible, notamment lorsque l'on souhaite récupérer l'eau à plus de 8 mètres de profondeur.

Il existe différentes tailles de pompes de forage submersibles. Le choix du modèle dépend du débit, HMT, et de la nature du liquide pompé.

Les pompes submersibles sont principalement utilisées pour le forage profond, mais peuvent également être installées dans des réservoirs de récupération, des lacs et des rivières, nécessitant généralement une pression de travail plus élevée ou transportant des liquides à de très hautes altitudes.

La pompe submersible de 5 pouces est plus adaptée au pompage de l'eau de puits peu profonds. L'aspiration se fait par le bas, de sorte que l'eau peut être puisée par le bas de la structure. Le moteur est refroidi par un liquide pompé [5].



Figure II.3 : Pompe immergée.

## II.8. Règles et design

### II.8.1. Réseau de tuyauterie

Le réseau d'eau de lutte contre l'incendie est alimenté par l'eau de mer, garantissant que chaque consommateur s'approvisionne en eau par deux voies différentes. Le tuyau mesure au moins 5" de diamètre et est fait de tuyau d'acier (HP) conforme à la norme NFPA 15, recouvert d'un apprêt antirouille et d'une peinture à deux couches (rouge feu). Le réseau est entretenu chaque année contre la rouille causée par l'eau de mer [4].



Figure II.4 : Tuyauterie en acier (HP).



**II.8.2. Tuyau d'incendie**

Un tuyau d'incendie est un tuyau à haute pression qui peut amener de l'eau ou d'autres retardateurs de flamme dans le feu pour l'éteindre. À l'extérieur, il est relié à un camion de pompiers ou à une bouche d'incendie. À l'intérieur, il peut être connecté en permanence à une colonne montante ou à un système de plomberie.

La pression de service typique des tuyaux d'incendie peut varier de 8 à 20 bars, et selon la norme NFPA 1961 pour les tuyaux d'incendie, sa pression d'éclatement dépasse 110 bars. Le tuyau est l'un des équipements de base et essentiels de lutte contre l'incendie. L'eau doit provenir d'un approvisionnement en eau libre ou d'un approvisionnement en eau sous pression. Les tuyaux sont divisés en deux catégories selon leur fonction. Après utilisation, le tuyau d'incendie est généralement suspendu pour sécher, car l'eau accumulée dans le tuyau pendant une longue période détériorera le matériau, le rendant peu fiable ou inutilisable [4].

**II.8.3. Vitesse maximale**

Dans les tuyauteries pleines d'eau, la vitesse maximale d'écoulement est de l'ordre de 3 m/s, ce qui permet d'éviter que des pertes de charge excessives ne se produisent et de retarder l'érosion des conduites [4].

**II.8.4. Vannes**

Toutes les vannes doivent être d'un type homologué et conformes aux normes en vigueur dans le domaine des applications de gestion. Le nombre de vannes dépend de l'étendue du réseau. Elles sont positionnées et réparties judicieusement afin d'effectuer d'éventuelles réparations sur le réseau si nécessaire. Cela permet de couper les parties du réseau qui doivent être entretenues sans avoir à condamner l'incendie l'extinction de l'ensemble du système.

Les clapets anti-retours sont considérés comme des vannes, ils ne permettent à l'eau de s'écouler que dans un sens, et ils sont obligatoires à la sortie de la pompe [4].

**II.8.5. Pompe incendie**

Les pompes incendie doivent couvrir 100% de la demande maximale à la pression requise dans tout le réseau. On trouve généralement la combinaison suivante :

- 2 x 100% .
- 2 x (2 x 50%).

- 3 x 50% (combinaison la plus fréquente).

Le nombre de pompes installées est au moins égal au nombre de pompes nécessaires plus une, pour couvrir le cas où une pompe serait indisponible (maintenance), elles doivent être entraînées par des sources d'énergie indépendantes l'une de l'autre [7].

## **II.9. Système de pompage**

Les pompes sont, après les moteurs électriques, les machines le plus banalement utilisées aussi bien sur le plan industriel que dans le domaine domestique. Dans la plupart des cas, il s'agit de pompes de construction courante pour lesquelles l'utilisateur peut trouver les renseignements et les indications concernant ce matériel dans les catalogues de constructeurs [8].

### **II.9.1. Définition d'une pompe**

Une pompe est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile, l'essence, les liquides alimentaires, etc....) D'un point à un endroit voulu. La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé [9].

### **II.9.2. Turbopompe**

Une turbopompe est une machine dans laquelle l'énergie transmise au liquide est une énergie principalement cinétique, qui lui est communiqué par l'intermédiaire d'un rotor. Elles sont toutes rotatives. Ce sont des pompes centrifuges, à hélice (axiale) et hélico-centrifuge [10].

### **II.9.3. Catégorie des pompes**

Généralement les pompes véhiculant des liquides se divisent en deux catégories principales [11] :

- **Les pompes volumétriques** : l'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide.
- **Les pompes centrifuges** : Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui ait communiqué par la force centrifuge.

### **Remarque**

Dans notre travail on va s'intéresser uniquement aux pompes centrifuges dont les pompes en sujet, font parties.

### II.9.3.1. Pompes hélices (axiales)

Le liquide entraîné dans un mouvement de rotation par l'équipage mobile est rejeté axialement [12].



Figure II.5 : Représentation d'une pompe axiale à écoulement axial.

Une bonne capacité d'aspiration, permettant une installation facile, ainsi qu'une courbe caractéristique toujours descendante, assurant un fonctionnement stable quel que soit le débit. Dans ces conditions, la hauteur de refoulement se trouve limitée à une valeur de 11 m environ. Les pompes hélices ne sont jamais réalisées avec deux ouïes pour des raisons de construction qui sont évidentes. Elles sont rarement utilisées en version multi étage (pour  $H > 11$  m, on leur préfère d'autres types de pompes). Les pompes hélices ne sont pas employées pour les faibles débits, car elles nécessiteraient des vitesses de rotation élevées ou très élevées que les utilisateurs préfèrent éviter.

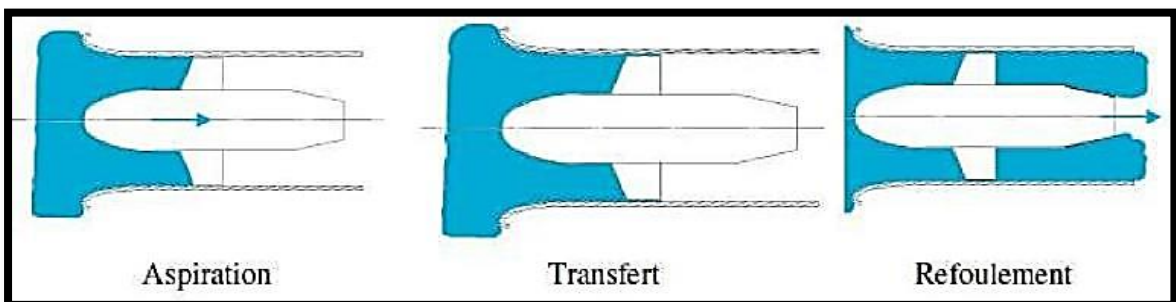
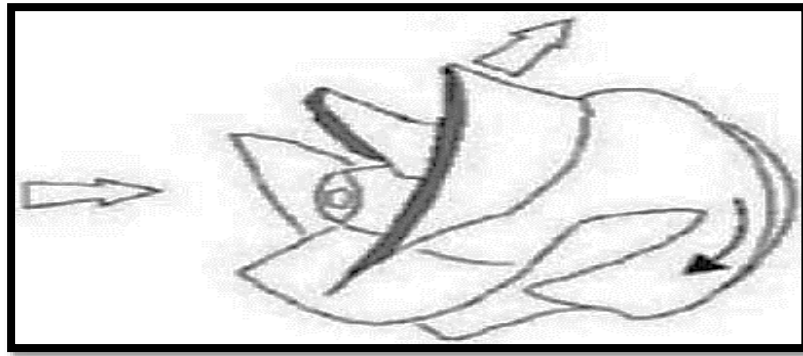


Figure II.6 : Pompe hélices.

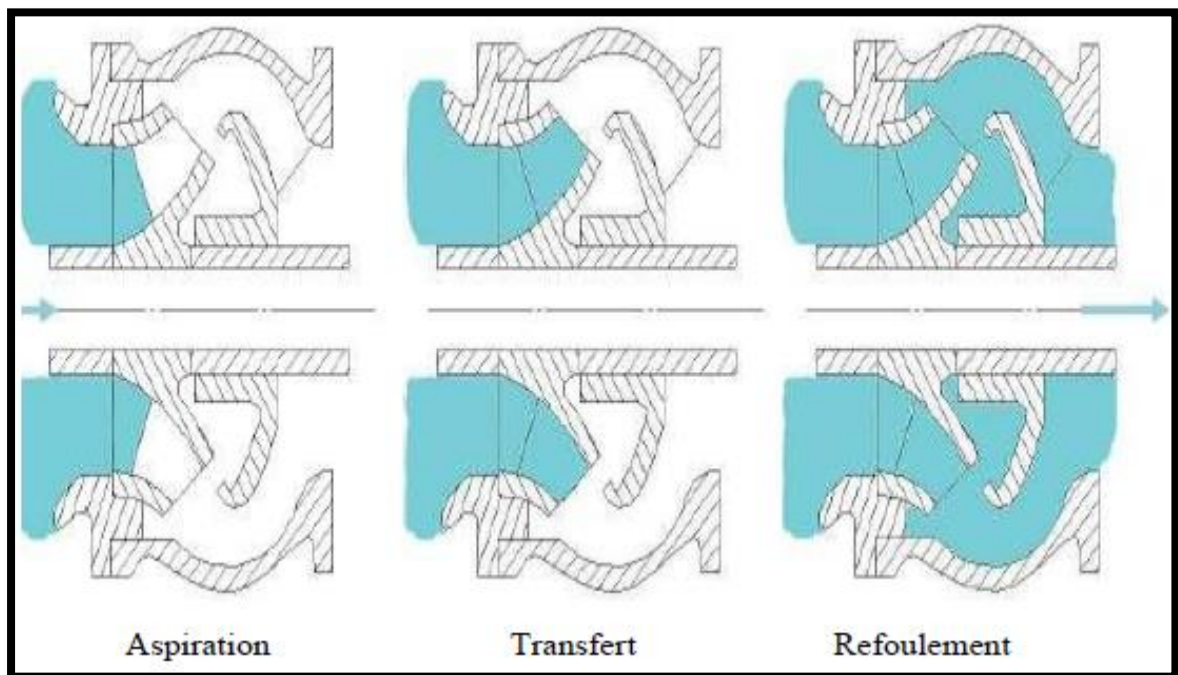
### II.9.3.2. Pompes hélico-centrifuges

Ce type est intermédiaire entre les deux précédentes, le flux résulte de la composition des flux axial et radial [12].



**Figure II.7 :** Représentation d'une pompe hélico-centrifuge à écoulement diagonal.

Elles peuvent être utilisées en variante multi étage, mais conduisent, dans ce cas, à un pas d'étage élevé qui limite le nombre d'étages à 5 ou 6. On obtient le domaine global des pompes hélico-centrifuges en multipliant par 5 les hauteurs manométriques. Comme les pompes hélices, les pompes hélico-centrifuges ne sont pas utilisées pour de faibles débits, car elles conduisent dans ce cas à des vitesses de rotation élevées ou très élevées [12].



**Figure II.8 :** Pompe hélico-centrifuges.

### II.9.3.3. Constitution d'une turbo pompe

Une pompe centrifuge est constituée des éléments suivants :

- **Impulseur (la roue):** C'est l'organe essentiel de la pompe constitué par moyeu porté par arbre et muni d'aubes tournant à l'intérieur de deux coquilles formant le corps de

pompe. Les aubes sont décalées angulairement de façon régulière. Elles sont en nombre variable, elles sont inclinées en arrière. En d'autres termes le bord de fuite des aubes est en retard dans la rotation par rapport au bord d'attaque. Elles peuvent être fixées sur un ou deux cotés à disques, en distingue ainsi des rotors ouvert, semi-ouvert ou fermé.

- **Collecteur (volute):** Cet organe fixe a pour rôle de conduire le liquide depuis la section d'entrée de la machine jusqu'à l'entrée du rotor, en lui assurant une vitesse de grandeur et de direction convenable.
- Dans les pompes monocellulaires, le collecteur est en général réduit à une simple tuyauterie, coudée ou non.
- Dans les pompes multicellulaire, les collecteurs sont inexistantes sauf pour le premier étage ou l'on trouve un collecteur d'entrée formé souvent par un coude plat, le passage de la sortie d'un étage à l'entrée du rotor suivant s'effectue au travers d'éléments fixe ailettes, les canaux de roue.
- **Diffuseur:** Cet organe fixe collecte le fluide à la sortie de l'impulseur pour l'amener dans la section de sortie de la machine avec la vitesse désirée. Cette opération est conjuguée avec une transformation partielle en énergie de pression, de l'énergie cinétique que possédé le fluide à la sortie du impulseur.
- Dans les pompes monocellulaire, le diffuseur est constitué par un canal annulaire entourant l'impulseur et débouchant dans la section de sortie de la machine tout en pour suivant l'action du diffuseur, les parois du diffuseur son parallèles on divergents, le diffuseur compote ou non des aubages Parfois le diffuseur est réduit ou même inexistant, l'impulseur débouchant alors directement dans la volute.
- Dans les pompes multicellulaires, chaque impulseur est normalement suivi de la volute finale [12].

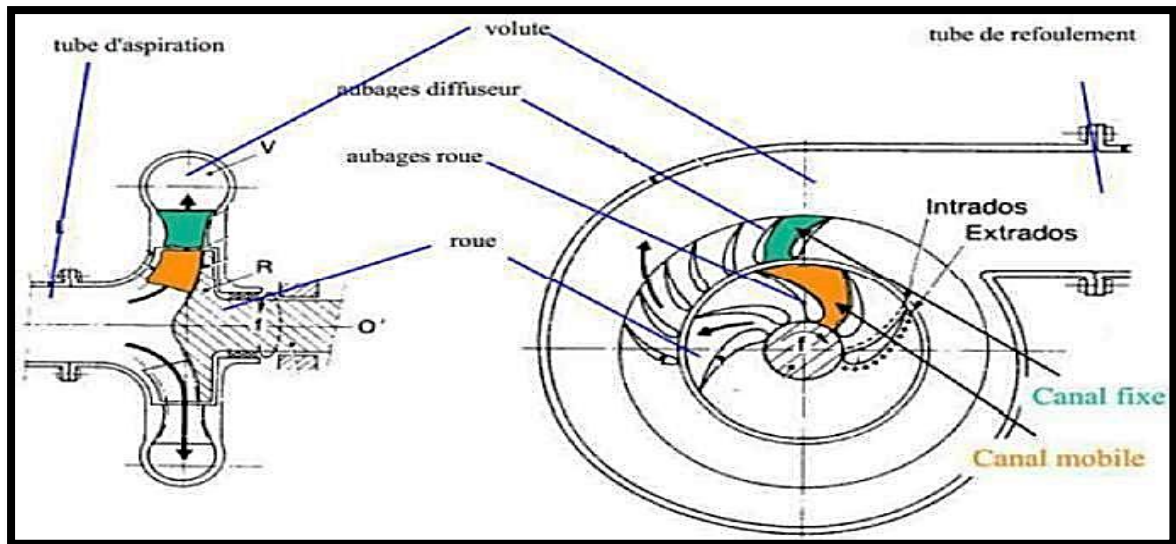


Figure II.9 : Constitution d'une pompe

#### II.9.4. Les pompes centrifuges

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulseur (souvent nommée improprement turbine).

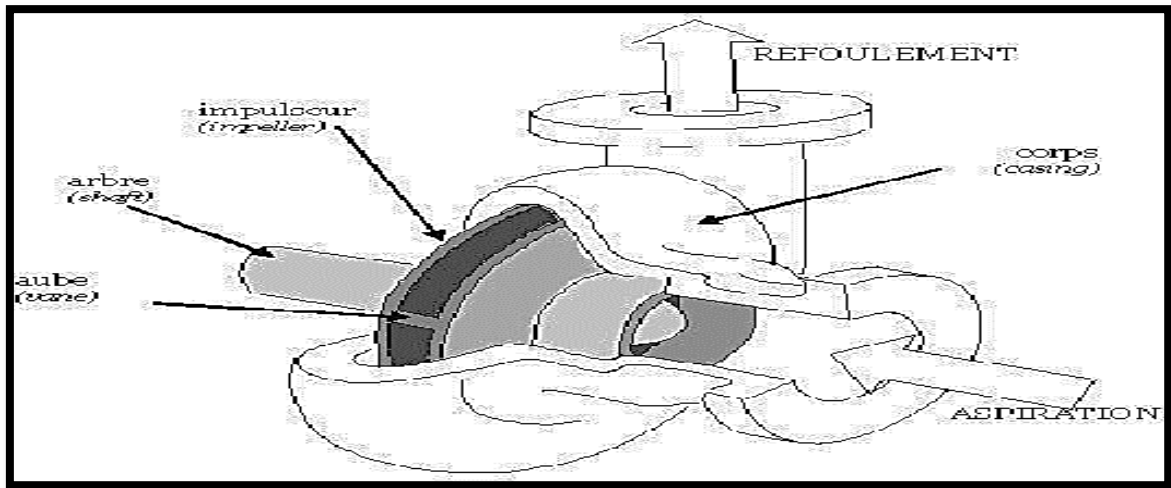
C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement [13].

#### II.9.5. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

Une pompe centrifuge est constituée par :

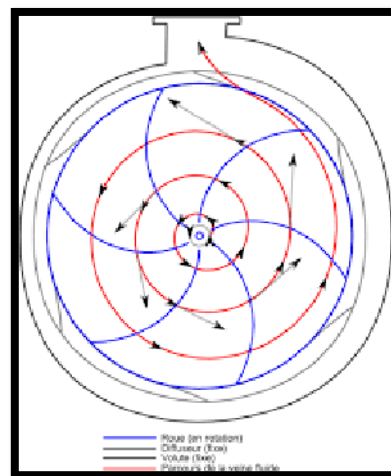
- Un trou à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur dans l'axe de la roue.
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelé volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur à la section est croissante. L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixes) à la périphérie de la roue permet une diminution de la perte d'énergie. La figure I.1 explique brièvement le fonctionnement d'une pompe centrifuge [14].



**Figure II.10 :** Un schéma explicatif du fonctionnement d'une pompe centrifuge

La roue est l'organe principal dans les pompes centrifuges radiales ou semi-axiales comportant deux flasques reliés entre eux par l'intermédiaire d'un certain nombre d'aubes, pour les pompes axiales les flasques sont absents [15].



**Figure II.11 :** Coupe verticale de la roue d'une pompe centrifuge

**II.9.6. Classification des pompes centrifuges**

Les pompes peuvent se classer selon les critères suivants :

- **Nombre de roues**
  - Monocellulaire. (Pompe centrifuge à une roue).
  - Biétage. (Pompe centrifuge à deux roues).
  - Multicellulaire. (Pompe centrifuge à plusieurs roues).
- **Importance de la pression engendrée**
  - Basse pression.
  - Moyenne pression.
  - Haute pression.
- **Disposition de l'axe**
  - Horizontal.
  - Vertical.
- **Forme de la roue**
  - Roue à simple aspiration.
  - Roue à double aspiration.
- **Moyens d'entraînement**
  - Entraînement par courroie.
  - Entraînement par engrenage.
  - Entraînement par accouplement.
- **Force motrice utilisée**
  - Moteur électrique.
  - Moteur diesel ou essence.
  - Turbine à vapeur, turbine à gaz
- **Destination**
  - Usage ordinaire.
  - Liquide chargé.
  - Acide.
- **Matériaux de construction**
  - Acier spécial ou bronze. (Selon le liquide pompé).



### II.9.6.1. Nombre de roue, (pompes mono et multicellulaires)

#### A. Pompes monocellulaires

On peut avoir plusieurs dispositions [10] :

- Une seule roue et une seule aspiration (ouïe) dans l'axe de la roue qui est montée en porte-à faux; les conditions hydrauliques de fonctionnement sont excellentes en raison de la bonne répartition des filets liquides sur l'ouïe de la roue mais, au point de vue mécanique, cette disposition fatigue les paliers et, pratiquement, elle n'est adaptée que pour les petites pompes.
- Deux roues accolées comportant deux ouïes d'entrées (couplage des roues en parallèle) ; la canalisation d'aspiration se termine par une culotte permettant l'arrivée de l'eau sur chaque ouïe. Cette disposition est assez fréquente pour les grosses pompes à gros débit et hauteur de refoulement relativement faible.

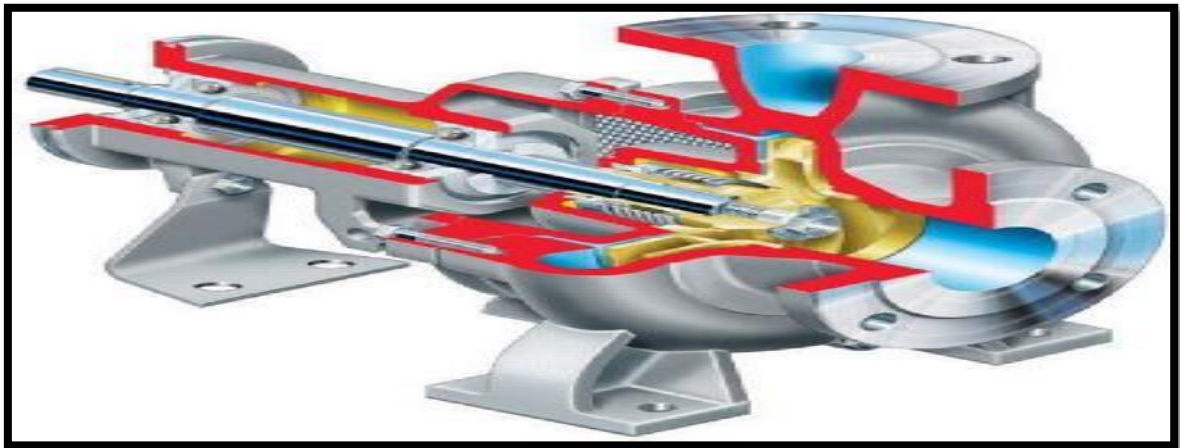


Figure II.12 : Pompe centrifuge monocellulaire

#### B. Pompes multicellulaires

Pour avoir une grande hauteur de refoulement et un grand débit, dans ces conditions il faut utiliser des pompes multicellulaires. Les roues de ces machines sont montées en série, le refoulement de la première communiquant avec l'aspiration de la suivante et ainsi de suite

La pression obtenue en sortie sera alors égale au produit de pression obtenue par une roue multiplié par le nombre de roues (supposées identiques ce qui est généralement le cas) en tenant compte, toutes fois, des pertes de charge (d'ailleurs très faibles) entre deux roues successives le débit de la pompe est évidemment le même que celui qui traverse chaque roue[10].

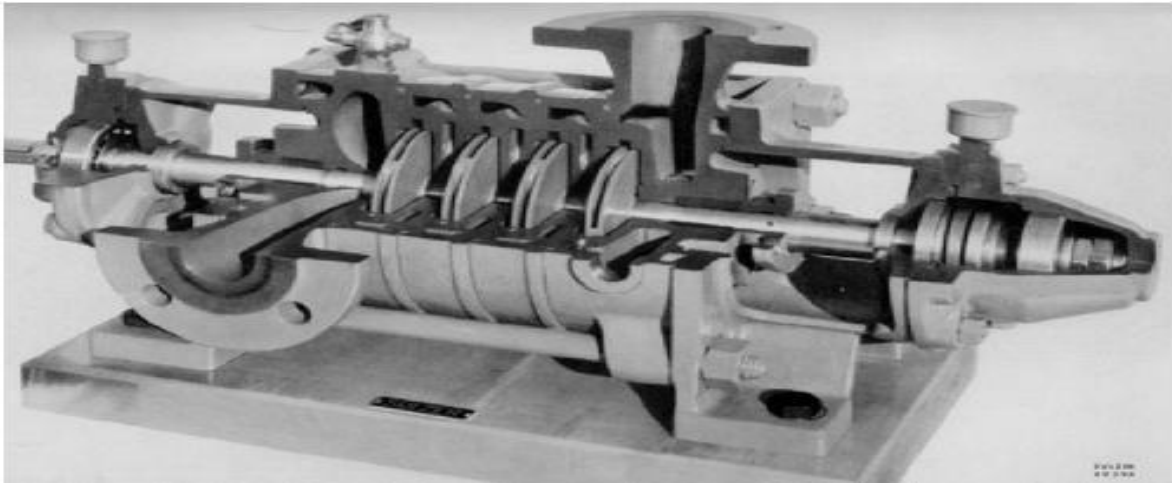


Figure II.13 : Pompe centrifuge multicellulaire

### II.9.6.2. Forme des aubes de la roue

- **Pompes centrifuges radiales** : pour lesquelles les filets de courant d'eau sont contenus dans des plans perpendiculaires à l'axe de la pompe.
- **Pompes centrifuges axiale** : pour les quelle les filets de courant sont axiaux.
- **Pompes semi axiales** : (hélico-centrifuges) : Dont les filets sont situés sur des surfaces dont la méridienne est inclinée par rapport à l'axe de la pompe. C'est à dire semi-hélicoïdale (ni axiale, ni radiale).

### II.9.6.3. Direction de l'axe

On peut avoir plusieurs dispositions :

- **Pompes à axe horizontal** : conçues pour être disposée en surface, l'entretien et le démontage de ces pompes sont alors simplifiées.
- **Pompes à axe vertical** : ce sont des pompes immergées spécialement conçues pour l'équipement des puits profonds. Elles peuvent être commandées par un moteur placé en surface ou par un moteur immergé.

### II.9.7. Types d'affluent à pomper

Les pompes présentées précédemment sont en général des pompes destinées à pomper des eaux claires ou peu chargées, il existe des pompes conçues spécialement pour pomper des eaux chargées (assainissement, eau pluviales, eau industrielles.....)[10].

### **II.9.8. Avantages et inconvénients des pompes centrifuges**

- **Avantages**
  - Faible encombrement.
  - Simple construction.
  - Moins de bruits.
  - Régularité du débit.
  - Aptitude de fonctionnement à grande vitesse.
  - Aptitude de refoulement à grande hauteur.
  
- **Inconvénients**
  - Diminution de rendement à faible débit ou à grande hauteur.
  - Apparition du phénomène de cavitation en cas d'insuffisance de pression à l'aspiration.
  - Diminution de la hauteur de refoulement en cas de fuite dans la conduite.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit les principes et les règles de dimensionnement d'un réseau anti-incendie conformément à la norme NFPA, ainsi que les notions du système de pompage.

## *Chapitre III*

# *Équilibrage du réseau et système de pompage*

## Introduction

L'équilibrage des réseaux consiste à régler ou re-régler les débits circulant dans le réseau afin d'homogénéiser les pressions. Une telle action permettrait d'économiser de 10 à 15 % selon les professionnels du métier.

Une des étapes de notre projet est de calculer les pertes de charge engendrées par le déplacement du fluide dans le réseau. Le calcul de ces pertes de charge n'est pas une tâche facile, car il y a la contrainte de la diversité des formules utilisées. Dans ce présent chapitre nous allons présenter ces formules ainsi nous décrivons le système de pompage.

### III.1. Généralités

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 [16]. 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 [17] :

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

Avec :

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

$Q_v$  : Représente le débit véhiculé dans la conduite, en [m<sup>3</sup>/s]

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

#### III.1.2. Régime d'écoulement

Le régime d'écoulement d'un fluide dépend du rapport entre les forces d'inertie et les forces de viscosité dans l'écoulement. Ce rapport se caractérise par le nombre de Reynolds[18].

### III.1.3. Nombre de Reynolds

Osborne Reynolds ingénieur britannique (1842- 1912) précisa la notion du régime d'écoulement d'un fluide et montra que trois facteurs déterminent leurs natures [19].

Ces facteurs sont :

- La vitesse d'écoulement  $V$  du fluide, en [m/s] ;
- Le diamètre intérieur de la tuyauterie  $D$ , en [m] ;
- La viscosité cinématique du fluide  $\nu$ , en [m<sup>2</sup>/s].

Le nombre de Reynolds ( $Re$ ) est donc obtenu de la manière suivante :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

$Re$  : Nombre sans dimension.

- Si  $Re < 2000$  l'écoulement est laminaire
- Si  $2000 < Re < 4000$  l'écoulement est transitoire
- Si  $Re > 4000$  l'écoulement est turbulent

### III.1.4. Viscosité

Dans un fluide réel, les forces de contact ne sont pas perpendiculaires aux éléments de surface sur lesquelles elles s'exercent. La viscosité est due à ces frottements qui s'opposent au glissement des couches fluides les unes sur les autres [19].

La viscosité est propre à tous les fluides, sa détermination revient au domaine de l'expérience et ce que l'on peut noter, c'est qu'elle dépend essentiellement de la température. Elle est composée en deux parties :

- Viscosité Dynamique.
- Viscosité Cinématique

### III.1.5. Rugosité

La rugosité 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 [19].

### III.1.6. Equation 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 [20].

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 :

**PA et PB** : Représente la pression au point A et B, en [Pa] ;

**VA et VB** : Représente la vitesse au point A et B, en [m/s] ;

**HA et hB** : Représente la hauteur géométrique au point A et B, en [m] ;

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

**P**: Masse volumique [kg/m<sup>3</sup>] ;

**g**: Accélération de vitesse [m/s<sup>2</sup>].

## III.2. Pertes de charge

La charge hydraulique fait référence à la quantité d'énergie potentielle, de pression et cinétique dans un système hydraulique sous pression si on ne considère pas les pertes d'énergie causées par le frottement.

On distingue deux types de pertes de charge [18] :

### 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 (X), elle est donnée par la formule [18] :

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

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, ( $g= 9,81 \text{ m/s}^2$ ) ;

$P$  : Représente la masse volumique du fluide, en [ $\text{kg/m}^3$ ] ;

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

### III.2.1.1. Coefficient de perte de charge linéaire

Il existe deux façons de définir le coefficient de perte de charge. L'un des plus célèbres est le graphique de Moody, qui est un bouclier qui permet de déterminer le coefficient de perte de charge en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité du tuyau.

Ce paramètre peut également être calculé directement à partir de la corrélation qui est à la base du graphique Moody.

Pour un écoulement laminaire dans un tube circulaire, on obtient l'expression de par identification avec la loi de Hagen-Poiseuille [21] :

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (\text{III.5})$$

Pour un écoulement turbulent dans un tube circulaire  $\text{Re} > 4000$ , il y a beaucoup de corrélation, certaines sont simples mais pas précises, d'autres sont plus lourdes mais plus proches de la réalité.



Les différentes corrélations :

La corrélation de Blasius est la plus simple, mais son efficacité est réduite à un comportement parfaitement fluide (conduite parfaitement lisse) :

$$\lambda = 0.316 \times \text{Re}^{-0.25} \quad (\text{III.6})$$

La corrélation de Blench n'est utilisée que pour des conditions lisses et totalement turbulentes (au-dessus de la ligne pointillée dans le graphique de Moody).

$$\lambda = 0.790 \times \sqrt{\frac{\varepsilon}{D}} \quad (\text{III.7})$$

### 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 [18].

Ces pertes sont caractérisées par un coefficient de pertes  $\xi$ , déterminées par la relation suivante :

$$J_{HS} = \xi \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ou bien} \quad J_{PS} = \xi \frac{\rho V^2}{2} \quad (\text{III.8})$$

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] ;

$\xi$  : 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.

Dans notre calcul nous considérons que les pertes de charge singulières représentent 10% à 20 % de la perte de charge linéaire du tronçon conformément à l'appellation consacré dans la littérature.

**III.2.2.1. Coefficient de perte de charge singulière**

$\xi$  est un coefficient dépendant de la forme de la singularité ; les valeurs sont tabulées[22]:

Diamètre du tube acier inox, cuivre ou plastique		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diamètre du tube acier		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Type de résistance singulière	Symbole				
Coude serré à 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Coude normal à 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Coude large à 90° <i>r/d &gt; 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Coude serré en U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Coude normal en U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Coude large en U <i>r/d &gt; 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Élargissement		1,0			
Restriction		0,5			
Dérivation simple avec T équerre		1,0			
Jonction simple avec T équerre		1,0			
Dérivation double avec T équerre		3,0			
Jonction double avec T équerre		3,0			
Dérivation simple avec angle incliné (45° - 60°)		0,5			
Jonction simple avec angle incliné (45° - 60°)		0,5			
Dérivation avec amorce		2,0			
Jonction avec amorce		2,0			

**Tableau III.1:** Coefficient de perte de charge singulière des coudes

Diamètre du tube acier inox, cuivre ou plastique		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diamètre du tube acier		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Type de résistance singulière	Symbole				
Vanne d'arrêt droite		10,0	8,0	7,0	6,0
Vanne d'arrêt inclinée		5,0	4,0	3,0	3,0
Vanne à opercule à passage réduit		1,2	1,0	0,8	0,6
Vanne à opercule à passage total		0,2	0,2	0,1	0,1
Vanne à sphère à passage réduit		1,6	1,0	0,8	0,6
Vanne à sphère à passage total		0,2	0,2	0,1	0,1
Vanne papillon		3,5	2,0	1,5	1,0
Clapet anti-retour		3,0	2,0	1,0	1,0
Robinet de radiateur droit		8,5	7,0	6,0	—
Robinet de radiateur équerre		4,0	4,0	3,0	—
Tête de réglage		1,5	1,5	1,0	—
Coude de réglage		1,0	1,0	0,5	—
Vanne quatre voies		6,0		4,0	
Vanne trois voies		10,0		8,0	
Passage à travers un radiateur		3,0			
Passage à travers une chaudière au sol		3,0			

Tableau III.2: Coefficient de perte de charge singulière des vannes

Les pompes centrifuges sont caractérisées par [23] :

- Le débit de refoulement (Qv) ;
- Les courbes caractéristiques.

### III.2.3. Le débit de refoulement (Qv)

Le débit fourni par une pompe est le volume d'eau qu'elle refoule par unité de temps. Il s'exprime en litres par seconde (l/s) ou, plus pratiquement, en mètre cube par heure (m<sup>3</sup>/h).

Le débit  $Q$  est fonction de la vitesse moyenne d'écoulement du liquide  $V$  et du diamètre de la canalisation [23] :

$$Q_v = V \times S = V \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (\text{III.9})$$

Avec :  $Q_v$  en [m<sup>3</sup>/s],  $V$  en [m/s] et  $D$  en [m].

### III.2.4. Les courbes caractéristiques d'une pompe

Les performances d'une pompe sont exprimées par les quatre types de courbes suivantes :

- La courbe hauteur-débit ( $H, Q_v$ ) : exprime la variation de la hauteur d'élévation en fonction du débit  $H = f(Q_v)$ .
- La courbe de puissance absorbée en fonction du débit :  $P_a = f(Q_v)$ .
- La courbe de rendement : exprime la variation du rendement de la pompe en fonction du débit  $\eta = f(Q_v)$ .
- La courbe de NPSH (Net Pressure Suction Head) : sert à définir la pression nécessaire à l'entrée de la roue pour obtenir un bon fonctionnement de la pompe,  $NPSH = f(Q_v)$ .
- La figure suivante montre les différentes caractéristiques ( $H, NPSH, P_a$  et  $\eta$ ) de la pompe centrifuge en fonction du débit ( $Q_v$ ) [23] :

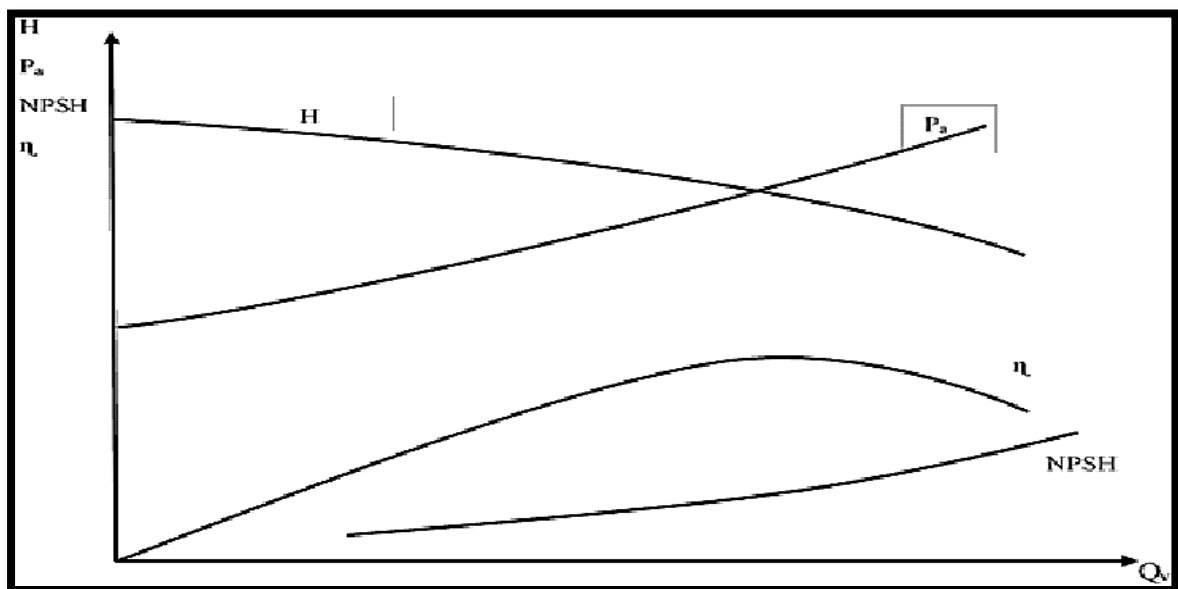


Figure III.1 : Les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge.

### **III.3. Choix de la pompe**

La solution de ce problème qui se pose à l'ingénieur projeteur résulte de l'analyse des paragraphes précédents où ont été étudiées les diverses caractéristiques des pompes et leurs propriétés.

Les données nécessaires au choix de la pompe, sont, le débit (QV), la hauteur manométrique totale (HA).

Ce dernier se fera à l'aide des courbes mis à disposition par les constructeurs ou fournisseurs avec l'objectif de choisir la machine la plus performante possible tout en assurant les conditions de bon fonctionnement (absence de cavitation ....).

Il faut se rappeler qu'une pompe centrifuge atteint son meilleur rendement à un seul débit. Au point du meilleur rendement, les pertes au niveau des roues et des volutes ainsi que les efforts hydrauliques sur les paliers sont réduits au minimum.

Les pompes peuvent, toutefois, fonctionner de manière satisfaisante dans les limites d'une plage hydraulique à gauche (débit réduit) et à droite (débit élevé) du point de rendement maximal. Cette plage appelée domaine de fonctionnement préférentiel s'étend d'environ 70 à 120% du point de fonctionnement nominal.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous venons de définir les différents formules ainsi les notions essentielles des pertes de charge de installation. Puis nous avons présenté les caractéristiques d'une installation de pompage et le choix d'une pompe.

*Chapitre IV*  
*Résultats des calculs*

## Introduction

Ce chapitre à mener l'étude préliminaire des pertes de charge linéaires et singulières, d'en déduire les coefficients de pertes de charge localisées et réparties, puis d'analyser leur évolution par rapport au débit.

### IV.1. Résultat des calculs

Notre réseau comprend :

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)
T1 (tribord)	165	125
T2 (bâbord)	165	125
T3 (raccordement)	36	125
T4 (contraintes)	15	65

Tableau IV.1: Caractéristique de réseau

#### IV.1.1. Vitesse d'écoulement

D'après la formule

$$Q_v = V \times S$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$Q_v = V \times S = V \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

On déduit que :  $T1 = T2 = T3 = V = \frac{4Q_v}{\pi D^2}$

A.N:

$$V = \frac{0,0377 \times 4}{\pi(0,125)^2} = 3,0720 \text{m/s}$$

$$T4 = V = \frac{4Q_v}{\pi D^2}$$

A.N:

$$V = \frac{0,0377 \times 4}{\pi(0,065)^2} = 11,3612 \text{m/s}$$

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)
T1 (tribord)	165	125	0,0377	3,0720
T2 (bâbord)	165	125	0,0377	3,0720
T3 (raccordement)	36	125	0,0377	3,0720
T4 (contrainte)	15	65	0,0377	11,3612

Tableau IV.2: Résultats vitesse d'écoulement

#### IV.1.2. Régime d'écoulement

Le régime d'écoulement d'un fluide dépend du nombre de Reynolds. Quant à ce dernier, il dépend du rapport de forces d'inertie et de la viscosité dans l'écoulement.

- La viscosité cinématique de l'eau de mer est égale au rapport entre la viscosité dynamique de l'eau de mer et la masse volumétrique :

$$\nu = \frac{\nu}{\rho}$$

- La viscosité dynamique est égale :

$$\nu = 1,07 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Donc :

$$\nu = \frac{1,07 \times 10^{-3}}{103} = 1,07 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$



**IV.1.3. Le nombre de Reynolds**

D'après la formule :

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

A.N :  $T1 = T2 = T3 = \frac{3,072 \times 0,125}{1,07 \cdot 10^{-6}} = 358897,544$

$Re > 4000 \rightarrow$  l'écoulement est turbulent.

$$T4 = \frac{11,362 \times 0,065}{1,07 \cdot 10^{-6}} = 690187,585$$

$Re > 4000 \rightarrow$  l'écoulement est turbulent

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Nombre de Reynolds	Régime d'écoulement
T1 (tribord)	165	125	0,0377	3,0720	358897,544	turbulent.
T2 (bâbord)	165	125	0,0377	3,0720	358897,544	turbulent.
T3	36	125	0,0377	3,0720	358897,544	turbulent.
T4 (contrainte)	15	65	0,0377	11,3612	690187,585	turbulent.

**Tableau IV.3:** Nombre de Reynolds et type d'écoulement

**IV.1.4. Perte de charge**

**IV.1.4.1. Perte de charge linéaire**

- Pour T1 et T2 :

$$\Delta H1 = \lambda \frac{LV^2}{D2g}$$

Comme le régime est turbulent

$$\lambda = 0,316 \times Re^{-0,25}$$

$$\lambda = 0,0129$$

$$\Delta H1 = 0,0129 \times \frac{165 \times 3,072}{0,125 \times 2 \times 9,81}$$

$$\Delta H1 = 8,03481 \text{ m}$$

$$\Delta H1 = \Delta H2$$

Pour T3 :

$$\Delta H3 = \lambda \frac{LV^2}{D2g}$$

Comme le régime est turbulent

$$\lambda = 0,316 \times Re^{-0,25}$$

$$\lambda = 0,0129$$

$$\Delta H3 = 0,0129 \times \frac{36 \times 3,072}{0,125 \times 2 \times 9,81}$$

$$\Delta H3 = 1,7530 \text{ m}$$

• Pour T4 :

$$\Delta H4 = \lambda \frac{LV^2}{D2g}$$

Comme le régime est turbulent

$$\lambda = 0,316 \times Re^{-0,25}$$

$$\lambda = 0,0129$$

$$\Delta H4 = 0,0129 \times \frac{15 \times 11,3612}{0,065 \times 2 \times 9,81}$$

$$\Delta H4 = 1,7238 \text{ m}$$

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Nombre de Reynolds	ΔH (m)
T1 (tribord)	165	125	0,0377	3,0720	358897,544	8,03481
T2 (bâbord)	165	125	0,0377	3,0720	358897,544	8,03481
T3	36	125	0,0377	3,0720	358897,544	1,7530
T4 (contraintes)	15	65	0,0377	11,3612	690187,585	17,2382

Tableau IV.4: Perte de charge linéaire

#### IV.1.4.2. Pertes de charge singulière

En fixant le coefficient de perte de charge unique a  $s=1,1$  (car ca revient a une majoration de 10 % a 20 % des pertes de charge linéaire) et puisque sont calculées pour des canalisations en acier,

$$\Delta H_s = 1,1 \times \Delta H$$

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse d'écoulement	$\Delta H$ (m)	$\Delta H_s$ (m)
T1 (tribord)	165	125	0,0377	3,0720	8,03481	8,838291
T2 (bâbord)	165	125	0,0377	3,0720	8,03481	8,838391
T3	36	125	0,0377	3,0720	1,7530	1,9283
T4 (contraintes)	15	65	0,0377	11,3612	17,2382	18,96202

Tableau IV.5: Perte de charge singulière

## IV.2. Discussion

Après avoir fait les calculs sur le réseau anti incendie et apparaitre aux résultats, on a trouvé que la vitesse d'écoulement ainsi les pertes de charges dans cette tuyauterie sont bien très élevées ce qui signifie que le diamètre ne conviens pas suivant la spécification de la norme NFPA 15 [4], qui a récit que le diamètre minimum d'un réseau anti-incendie est de 200mm (8") et si la vitesse d'écoulement dépasse les 3m/s, il faut augmenter le diamètre.

Comme nous pouvons refaire l'étude en changeons le diamètre de notre conduite, (200mm pour les conduite T1, T2, T3 et 145mm pour T4), les résultats obtenue seront bien au-dessous de celle exigée par la norme NFPA 15, ce qui signifie que les diamètres proposés conviennent au réseau. Ainsi, les pertes de charges dans le réseau seront relativement faibles.

## Conclusion

Dans ce présent chapitre, nous avons vu la partie hydraulique ou il était question d'élaborer les différents calculs, comme la vitesse et le régime d'écoulement, le nombre de Reynolds ainsi le calcul des pertes de charges.

# *Conclusion Générale*

## *Conclusion Générale*

---

Pour faire face au risque d'incendie il est primordial d'avoir une bonne connaissance sur ce dernier, l'importance du réseau anti-incendie dans chaque installation, et l'efficacité du choix de dispositifs utilisés pour la protection contre l'incendie afin d'éliminer ou de diminuer les effets de ce risque.

Le présent travail traite une étude de cas pour savoir plus précisément le dimensionnement du réseau anti –incendie d'un dock flottant dont mène en évidence les principes et les règles de base générales de conception d'une installation anti-incendie ainsi la description du système de pompage.

Le stage pratique que nous avons effectué à l'entreprise L'E.RE.NAV au champ du port a été bénéfique, il nous a permis de compléter nos connaissances théoriques par leur cohésion avec la pratique professionnelle. On a constaté que des mesures et des moyens importants sont consacrés pour la sécurité incendie toute en respectent les normes d'application de la NFPA.

L'objectif de ce travail, nécessite une évaluation des conséquences possible, autrement dit prévenir la conformité à la fois aux besoins de protection et d'extinction d'incendie. D'une part, une instruction sur les différentes équations nécessaires du réseau et système de pompage de même ces caractéristiques et leur dimensionnement. D'autre part, élaborer manuellement les calculs hydrauliques (calcul des pertes de charge linéaire, singulière, vitesse d'écoulement, régime d'écoulements).

Enfin nous espérons avoir répondu, ne serait-ce que partiellement au problème réel qui nous a été posé par l'entreprise L'E.RE.NAV Bejaia et que ce modeste travail puisse constituer un point de départ certain pour le traitement futur des autres aspects de ce problème. Toutefois, il est important de rappeler que combien même le réseau, les réserves en eau ainsi que la station de pompage peuvent être bien dimensionnés, le facteur humain s'avère encore plus prépondérant lorsqu'un incendie se déclare ; ceci impose bien évidemment une bonne formation des équipes d'interventions avec beaucoup d'exercices de simulation.

*Références  
bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

---

- [1] Etude d'un système de détection / extinction automatique d'incendie du l'E.RE.NAV de Bejaïa,02/05/2017.
- [2] Procès-verbal de réunion de lancement du projet (16 & 17/05/2017),17/05/2017.
- [3] Procès-verbal de réunion n°02 (17 Juillet 2017),17/07/2017.
- [4] Procès-verbal de réunion n°03 (du 25 au 28/09/2017), 28/09/2017.
- [5] Procès-verbal de réunion n°06 (du 23 au 24/05/2018), 29/05/2018.
- [6] Rapport de l'étude de dangers du l'E.RE.NAV de Bejaïa (Algérie), 12/01/2009.
- [7] Etude de Rayonnement Thermique pour les Incendies dans les Bacs et leurs Cuvettes, 09/03/2018.
- [8] Plans d'implantation des Installations Principales du, 02/03/2018.
- [9] Rapport Diagnostic des Installations Anti-Incendie Existantes du TMB, 29/05/2018. [10] Spécification Technique des Equipements de Protection contre l'Incendie, 29/05/2018. [11] NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers, 2013.
- [12] NFPA 11: Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam, 2016.
- [13] NFPA 12: Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems, 2018.
- [14] NFPA 16: Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems, 2015.
- [15] NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection, 2016.
- [16] NFPA 25: Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems 2017.
- [17] NFPA 30: Flammable and Combustible Liquides Code, 2018.
- [18] NFPA 70: National Electrical Code, 2017.
- [19] NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code, 2016.
- [20] NFPA 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations, 2015.

## *Références bibliographiques*

---

[21] API 2030: Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries, 2014.

[22] DEP 80.47.10.31: Active Fire Protection Systems and Equipment for Onshore Facilities, 2011.

[23] Arrêté du 3 octobre 2010: relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, Version consolidée au 30 mai 2017.

[24] Loi n° 05-07: relative aux hydrocarbures, 28 avril 2005.



# *Etude d'un système de détection / extinction automatique d'incendie du l'E.RE.NAV de Bejaïa*

## *Résumé*

L'étude du système de détection et d'extinction automatique d'incendie de l'E.RE.NAV de Béjaïa vise à garantir la sécurité des installations. Ce système sophistiqué intègre des capteurs de haute technologie pour détecter rapidement tout début d'incendie. Une fois l'incendie détecté, le système déclenche automatiquement des mécanismes d'extinction, tels que des systèmes d'extinction automatique à base de gaz ou de mousse.

L'E.RE.NAV de Béjaïa met en œuvre une approche proactive pour minimiser les risques liés aux incendies et protéger les personnes et les biens. L'étude comprend également une analyse approfondie des différents types d'incendies potentiels, des scénarios d'urgence, ainsi que des simulations pour évaluer l'efficacité du système. Des protocoles de sécurité et des plans d'évacuation sont également élaborés pour assurer une réponse coordonnée en cas d'incident.

La mise en place de ce système de détection/ extinction automatique d'incendie à l'E.RE.NAV de Béjaïa témoigne de l'engagement envers les normes de sécurité les plus élevées et renforce la résilience de l'établissement face aux risques d'incendie. Ce projet contribue ainsi à assurer un environnement sûr et sécurisé pour le personnel et les activités de l'E.RE.NAV.

**Mots clés :** Sécurité des Installations. Capteurs de Haute Technologie. Approche Proactive. Extinction Automatique. Normes de Sécurité Élevées.

## *Abstract*

The study of the automatic fire detection and extinguishing system at E.RE.NAV in Béjaïa aims to ensure the safety of the facilities. This sophisticated system incorporates high-tech sensors to quickly detect any fire initiation. Once a fire is detected, the system automatically triggers extinguishing mechanisms, such as gas or foam-based automatic extinguishing systems.

E.RE.NAV in Béjaïa implements a proactive approach to minimize fire-related risks and protect people and property. The study also includes a thorough analysis of different potential fire types, emergency scenarios, and simulations to evaluate the system's effectiveness. Safety protocols and evacuation plans are also developed to ensure a coordinated response in case of an incident.

The implementation of this automatic fire detection/extinguishing system at E.RE.NAV in Béjaïa demonstrates a commitment to the highest safety standards and strengthens the facility's resilience to fire risks. This project contributes to ensuring a safe and secure environment for the personnel and activities of E.RE.NAV.

**Keywords :** Facility Safety, High-Tech Sensors, Proactive Approach, Automatic Extinguishing, High Safety Standards.