

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abderrahmane MIRA-Béjaïa**  
**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie Mécanique**

**Mémoire**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Mécanique**

**Option : Energétique**

**Présenté par :**

- ❖ **CHERIFI Nassim**
- ❖ **KHOUCANE Mahfoud**



**Thème :**

---

**Etude et dimensionnement d'un réseau  
anti-incendie  
SONATRACH Béjaïa**

---



**Devant le jury composé de :**

**Président :**

**D. SADAoui**

**Rapporteur :**

**A. DJERRADA**

**Examineur :**

**F. NAIT BOUDA**

**Examineur :**

**A. HAMOUche**

**Invité :**

**M. ARIouAT**

**Session juin 2013**

## *Remerciements*

*Nous tenons à remercier le bon Dieu de nous avoir donné le courage pour mener à terme ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur Mr DJERRADA. A d'avoir accepté de nous encadrer tout au long de ce travail malgré ses nombreuses charges.*

*Nous tenons à remercier nos Co-promoteurs Mr AMARA. L et Mr BOUAOUINA. R pour leurs orientation et pour le temps qu'ils nous ont consacré tout au long de ce travail.*

*Toutes nos expressions de respect à Mr SADAOUI. D qui nous a fait l'honneur par sa présence en qualité de président de jury.*

*Nos sincères considérations et remerciements sont également exprimés à Mr NAIT BOUDA. F et Mr HAMOUCHE. A qui ont accepté d'examiner ce travail et consacré de leur temps pour son évaluation.*

*Nos remerciements sont également exprimés à tous le personnel de l'entreprise SONATRACH commençant par Mr KEBAILI. B, Mr ARIOUAT. M, Mr CHELOUAH. DJ, Mr RABHI. M, Mr LOUIBA.*

*Enfin, nos remerciements s'adressent aux étudiants de Master II et à tous les enseignants et toutes personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



# *Dédicaces*

*Je tiens vivement, à dédier ce travail en signe de respect et de reconnaissance :*

*Aux deux personnes très chères qui ont partagés mes joies et mes peines, qui ont été toujours à mes côtés, qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui :  
ma mère et mon père.*

*A mes frères et sœurs et leurs enfants.*

*A tous mes proches sans exception.*

*A mon binôme Mahfoud.*

*Et à tous mes amis en particuliers :*

*Ahmed, Farid, Yanis, Mennad, Yazid, Yacine, Lyes big, Aldja, Aida,  
Sousou.*

*A toutes la promotion énergétique 2012/2013.*

*A tous ceux qui ont contribué à m'aider à la réalisation de ce mémoire.*



*Nassim*



## *Dédicaces*

*À ceux que j'ai tant aimé avec beaucoup d'affection et je suis très fière de les avoir et tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je leur porte ; mes très chers parents pour leurs sacrifices, leurs aide, leurs conseils et leurs patience que Dieu les protège.*


*À mon très cher et unique frère : Riad*

*À mes adorables et très chères sœurs : Dalila, Radia, Sabrina et Soumya.*

*À ma grande famille, petite et grande.*

*À celui avec qui j'ai partagé ce modeste travail, cher Nassim.*

*À tous mes chers amis.*



*Mahfoud*

Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Nomenclature	
Introduction générale .....	01
<b>CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise et position du problème</b>	
I.1 Présentation de l'entreprise SONATRACH Béjaïa .....	02
I.1.1 Présentation de la direction régionale Béjaïa .....	02
I.1.1.1 Historique.....	02
I.1.1.2 Situations géographiques de la direction régionale Béjaïa .....	02
I.1.1.3 Le Terminal Marin Béjaïa .....	04
I.1.1.4 Activité de la direction régionale Béjaïa .....	04
I.1.1.5 Différent organe constituant la direction régionale Béjaïa .....	07
I.2 Description du réseau incendie existant .....	08
I.2.1 Réseau eau Incendie .....	08
I.2.2 Approvisionnement en eau .....	08
I.2.3 Pomperie principal .....	08
I.2.4 Pomperie de transfert .....	09
I.2.5 Pompes de maintien de pression (type JOCKEY) .....	09
I.2.6 Circuit de refroidissement .....	09
I.2.7 Circuit de prémélange .....	10
I.2.8 Unité de stockage et dosage d'émulseur .....	10
I.2.9 Véhicule de lutte contre l'incendie mixte (eau / mousse).....	11
I.3 Position du problème .....	11
I.3.1 Démarche d'exécution du projet .....	11
Conclusion .....	11
<b>CHAPITRE II : Théories de dimensionnement d'un réseau anti-incendie</b>	
Introduction .....	12
II.1 Les causes directes des feux de bac .....	12
II.2 Principes de base de la protection incendie .....	12
II.2.1 Définition de la norme NFPA .....	13
II.2.2 Les différents systèmes de protection .....	13

---

## *Sommaire*

---

II.2.3 Caractéristiques principales des différents éléments d'une installation fixe .....	13
II.2.4 Système de détection .....	13
II.3 Analyse préliminaire des risques et étude de dangers .....	14
II.4 Scénario de référence pour notre étude .....	14
II.4.1 Zone sud .....	14
II.4.2 Zone nord .....	15
II.5 Règle de design .....	15
II.5.1 Réseau de tuyauterie.....	15
II.5.2 Vitesse maximale .....	15
II.5.3 Vannes .....	15
II.5.4 Diffuseurs (sprinklers) .....	15
II.5.5. Déversoirs .....	16
II.5.6 Pompes incendie .....	16
II.5.6.1 Pompes principales .....	16
II.5.6.2 Pompes de maintien de pression (type Jockey) .....	17
II.5.7 Réserve d'eau et de carburant Diesel .....	17
II.5.7.1 Réserve d'eau .....	17
II.5.7.2 Réserve de carburant Diesel .....	17
II.5.8 Autres éléments du réseau .....	18
II.5.8.1 Hydrants (poteaux incendie) .....	18
II.5.8.2 Lances monitors .....	18
II.6 Protection par eau .....	18
II.7 Protection par mousse .....	19
II.7.1 Formation de la mousse .....	19
II.7.2 Domaine d'application .....	19
II.7.2.1 Haut foisonnement .....	19
II.7.2.2 Moyen foisonnement .....	19
II.7.2.3 Bas foisonnement .....	20
II.7.3 Extinction par la mousse .....	20
II.7.4 Stockage de l'émulseur .....	20
II.7.5 Réseau mousse .....	21
II.8 Détermination du besoin en eau pour l'installation .....	21
II.8.1 Zone sud .....	21
II.8.2 Zone nord .....	22

---

Conclusion .....	23
 <b>CHAPITRE III : Equilibrage du réseau et système de pompage</b>	
Introduction .....	24
III.1 Historique .....	24
III.2 Généralité .....	24
III.2.1 Vitesse d'écoulement .....	24
III.2.2 Régime d'écoulement .....	24
III.2.3 Nombre de Reynolds .....	25
III.2.4 Viscosité .....	25
III.2.5 Rugosité .....	25
III.2.6 Equation de Bernoulli .....	26
III.3 Pertes de charge .....	26
III.3.1 Pertes de charge linéaire .....	26
III.3.2 Pertes de charges singulières .....	27
III.4 Equation expérimentale de Hazen-Williams .....	27
III.4.1 Relation entre le débit et la perte de charge (H) dans une conduite .....	28
III.4.2 Analyse des réseaux .....	29
III.5 Méthode de Hardy-Cross .....	30
III.5.1 Principe de la méthode Hardy-Cross .....	30
III.5.1.1 Loi de continuité .....	30
III.5.1.2 Loi de conservation de l'énergie .....	30
III.5.1.3 Correction du débit dans une maille après une itération .....	31
III.5.2 Les étapes de la méthode Hardy-Cross .....	33
III.5.2.1 Exemple d'application de la méthode Hardy-Cross d'une maille simple.....	34
III.6 Système de pompage .....	38
III.6.1 Généralités .....	38
III.6.1.1 Définition .....	38
III.6.1.2 Domaines d'application des pompes .....	38
III.6.2 Turbopompes .....	38
III.6.2.1 Les pompes centrifuges .....	38
III.6.2.2 Les pompes axiales .....	39
III.6.2.3 Les pompes hélico-centrifuges .....	39
III.6.2.4 Constitution d'une turbopompe .....	39

---

III.6.3 Pompe centrifuge .....	40
III.6.3.1 Définition de la pompe centrifuge .....	40
III.6.3.2. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge pure .....	40
III.6.4 Différents types de pompes centrifuges .....	40
III.6.4.1 Nombre de roue, (pompes mono et multicellulaires) .....	41
III.6.4.2 Pompes à axe horizontal ou vertical .....	42
III.6.4.3 Type d'effluents à pomper .....	42
III.6.5 Avantages et inconvénients des pompes centrifuges .....	43
III.6.5.1 Avantages .....	43
III.6.5.2 Inconvénients .....	43
III.6.6 Caractéristiques des pompes centrifuges .....	43
III.6.6.1 Le débit de refoulement ( $Q_v$ ) .....	43
III.6.6.2 Les courbes caractéristiques d'une pompe .....	44
III.6.7 Puissance absorbée, $P_a$ au niveau de l'arbre de pompe.....	44
III.6.8 Les caractéristiques de l'installation .....	45
III.6.8.1 Hauteur totale, $H_A$ , de l'installation .....	45
III.6.9 Choix de la pompe .....	46
Conclusion .....	46
<b>CHAPITRE IV : Programme informatique et résultats des calculs</b>	
Introduction .....	47
IV.1 Programme informatique .....	47
IV.1.1 Choix du langage de programmation .....	47
IV.1.2 Organigramme du programme informatique de la méthode de Hardy-Cross.....	47
IV.1.2.1 Organigramme de lecture des données .....	48
IV.1.2.2 Organigramme de calcul .....	49
IV.1.2.3 Organigramme d'affichage .....	51
IV.1.3 Mode d'emploi du programme .....	52
IV.2 Validation de la méthode de calcul .....	53
IV.2.1 Exemple de validation .....	53
IV.2.2 Résultats du calcul et comparaison .....	54
IV.2.3 Commentaires .....	56
IV.3 Calcul des besoins en eau .....	56
IV.3.1 Calcul des besoins en eau pour la zone sud .....	57
IV.3.1.1 Extinction du réservoir N14 .....	57

---

## *Sommaire*

---

IV.3.1.2 Refroidissement du réservoir N14 .....	57
IV.3.1.3 Refroidissement des réservoirs R13, P21 et M20 .....	58
IV.3.2 Calcul des besoins en eau pour la zone nord .....	59
IV.3.2.1 Extinction du réservoir 4C9 .....	59
IV.3.2.2 Refroidissement du réservoir 4C9 .....	59
IV.3.2.3 Refroidissement des réservoirs 4D10 et 4A8 .....	60
IV.3.3 Réserve d'eau .....	61
IV.4 Répartition des débits et calcul des pertes de charge .....	61
IV.4.1 Zone sud .....	62
IV.4.1.1 Résultats du calcul.....	64
IV.4.1.2 Discussions .....	64
IV.4.2 Zone nord .....	66
IV.4.2.1 Résultats du calcul .....	69
IV.4.2.2 Discussion .....	70
IV.4.3 Calcul des pertes de charge pour les tronçons ramifiés .....	70
IV.5 Choix de la pompe .....	71
IV.5.1 Calcul de la hauteur manométrique total $H_A$ de l'installation .....	71
IV.5.1.1 Calcul de la hauteur géométrique .....	71
IV.5.1.2 Calcul de la somme des pertes de charge .....	71
IV.5.2 Caractéristiques requises .....	73
IV.5.3 Caractéristiques de la pompe .....	73
Conclusion .....	74
Conclusion générale .....	75
Références bibliographique .....	76
Annexe	

---

## *Liste des figures*

---

<b>Figure I.1</b> : Vue du haut de la DRGB .....	03
<b>Figure I.2</b> : Vue du bac 4F5 du dépôt Nord et sa cuvette de rétention .....	05
<b>Figure I.3</b> : Organigramme de la Direction régionale –Bejaïa .....	07
<b>Figure I.4</b> : Vanne de sectionnement .....	08
<b>Figure I.5</b> : Nourrice .....	08
<b>Figure I.6</b> : Electropompes .....	09
<b>Figure I.7</b> : Couronne de refroidissement .....	09
<b>Figure I.8</b> : Unité de stockage et de dosage d'émulseur .....	10
<b>Figure III.1</b> : Représentation d'une maille .....	30
<b>Figure III.2</b> : Schéma d'une maille simple .....	34
<b>Figure III.3</b> : Schéma d'une réparation des débits .....	35
<b>Figure III.4</b> : Différents type de turbopompes .....	39
<b>Figure III.5</b> : Constitution d'une turbopompe .....	40
<b>Figure III.6</b> : Pompe centrifuge monocellulaire .....	41
<b>Figure III.7</b> : Pompe centrifuge multicellulaire .....	42
<b>Figure III.7</b> : Les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge .....	44
<b>Figure IV.1</b> : Interface du programme informatique .....	52
<b>Figure IV.2</b> : Schéma du réseau avec l'estimation initiale des débits et du sens d'écoulement ...	54
<b>Figure IV.3</b> : Graphe de comparaison entre les débits .....	55
<b>Figure IV.4</b> : Graphe de comparaison entre les pertes de charge .....	56
<b>Figure IV.5</b> : Répartition initiale des débits ainsi que leurs sens d'écoulement de la zone sud ...	63
<b>Figure IV.6</b> : Répartition initiale des débits ainsi que leurs sens d'écoulement de la zone nord .	68
<b>Figure IV.7</b> : Représentation des pertes de charge dans la zone sud .....	72

---

## *Liste des tableaux*

---

<b>Tableau I.1</b> : Caractéristiques dimensionnelles des bacs de stockage.....	06
<b>Tableau II.1</b> : Nombre de déversoir en fonction du diamètre du bac.....	16
<b>Tableau II.2</b> : Réglementation des réserves d'eau.....	17
<b>Tableau II.3</b> : Détermination des débits pour l'extinction de la zone Sud.....	21
<b>Tableau II.4</b> : Détermination des débits pour refroidissement de la zone Sud.....	22
<b>Tableau II.5</b> : Détermination des débits pour l'extinction de la zone Nord.....	22
<b>Tableau II.6</b> : Détermination des débits pour refroidissement de la zone Nord.....	23
<b>Tableau III.1</b> : Valeur du $C_{HW}$ selon le matériau.....	28
<b>Tableau III.2</b> : Résultats de calcul de la constante K et des pertes de charge H.....	36
<b>Tableau III.3</b> : Résultats de calcul de la somme des $(H/Q)$ .....	36
<b>Tableau III.4</b> : Résultat de calcul de la correction $\Delta Q$ .....	37
<b>Tableau III.5</b> : Résultats des débits finals et les pertes de charge en chaque tronçon.....	38
<b>Tableau IV.1</b> : Caractéristiques des tronçons du réseau .....	53
<b>Tableau IV.2</b> : Comparaison des résultats du calcul avec ceux de la référence .....	55
<b>Tableau IV.3</b> : Caractéristique des tronçons de chaque maille du réseau de la zone sud.....	62
<b>Tableau IV.4</b> : Résultats du calcul pour la zone sud.....	64
<b>Tableau IV.5</b> : Résultats final du calcul pour la zone sud .....	65
<b>Tableau IV.6</b> : Caractéristique des tronçons de chaque maille du réseau de la zone nord.....	67
<b>Tableau IV.7</b> : Résultats final du calcul pour la zone nord .....	70
<b>Tableau IV.8</b> : Pertes de de charge des tronçons ramifiés.....	71
<b>Tableau IV.9</b> : Les caractéristiques requises de l'installation .....	73
<b>Tableau IV.10</b> : Les caractéristiques de la pompe.....	73

---

## *Nomenclature*

---

### Liste des abréviations :

Abréviation	Définition
DRGB	Direction Régionale de Bejaïa
Sonatrach	Société Nationale de Transport et Commercialisation des hydrocarbures
TMB	Terminal Marin de Bejaïa
TMN	Terminal Marin Nord
TMS	Terminal Marin Sud
USD	Unité de Stockage et Dosage d'émulseur
NFPA	National Fire Protection Association
BS	British Standart
APR	Analyse Préliminaire des Risques
EDD	Etude De Danger

### Liste des symboles :

Symbole	Définition	Unités (SI)
A	Surface de la section transversale	[m <sup>2</sup> ]
C <sub>e</sub>	Pourcentage en eau	[%]
C <sub>HW</sub>	Coefficient de Hazen-Williams	[-]
D <sub>e</sub>	Diamètre extérieur du bac	[m]
D <sub>i</sub>	Diamètre intérieur du bac	[m]
E	Largeur du joint annulaire	[m]
f	Rapport de foisonnement	[-]
g	Accélération de la pesanteur	[m/s <sup>2</sup> ]
(H) <sub>i</sub>	Pertes de charge dans le tronçon i	[m]
H <sub>A</sub>	Hauteur manométrique	[m]
H <sub>géo</sub>	Hauteur géométrique	[m]

---

## *Nomenclature*

J <sub>HL</sub>	Pertes de charge linéaire	[m]
J <sub>HS</sub>	Pertes de charge singulière	[m]
J <sub>PL</sub>	Pertes de charge linéaire	[Pa]
J <sub>PS</sub>	Pertes de charge singulière	[Pa]
K	Coefficient propre à chaque tronçon	[-]
L	Longueur de la conduite	[m]
P <sub>a</sub>	Puissance absorbée par la pompe	[W]
P <sub>N14</sub>	Périmètre à refroidir du bac N14	[m]
P <sub>R13</sub>	Périmètre à refroidir du bac R13	[m]
P <sub>P21</sub>	Périmètre à refroidir du bac P21	[m]
P <sub>M20</sub>	Périmètre à refroidir du bac M20	[m]
P <sub>4C9</sub>	Périmètre à refroidir du bac 4C9	[m]
P <sub>4D10</sub>	Périmètre à refroidir du bac 4D10	[m]
P <sub>4A8</sub>	Périmètre à refroidir du bac 4A8	[m]
Q <sub>E-N14</sub>	Débit d'extinction du bac N14	[l/s]
Q <sub>E-4C9</sub>	Débit de refroidissement du bac 4C9	[l/s]
Q <sub>R-R13</sub>	Débit de refroidissement du bac R13	[l/s]
Q <sub>R-P21</sub>	Débit de refroidissement du bac P21	[l/s]
Q <sub>R-M20</sub>	Débit de refroidissement du bac M20	[l/s]
Q <sub>R-4D10</sub>	Débit de refroidissement du bac 4D10	[l/s]
Q <sub>R-4C9</sub>	Débit de refroidissement du bac 4C9	[l/s]
Q <sub>R-4A8</sub>	Débit de refroidissement du bac 4A8	[l/s]
Q <sub>R-N14</sub>	Débit de refroidissement du bac N14	[l/s]
Q <sub>T-sud</sub>	Débit d'eau total de la zone sud	[l/s]
Q <sub>T-nord</sub>	Débit d'eau total de la zone nord	[l/s]
Q <sub>R-sud</sub>	Débit d'eau de refroidissement de la zone sud	[l/s]

## Nomenclature

$Q_{E-sud}$	Débit d'eau d'extinction de la zone sud	[l/s]
$Q_{R-nord}$	Débit d'eau de refroidissement de la zone nord	[l/s]
$Q_{E-nord}$	Débit d'eau d'extinction de la zone nord	[l/s]
$Q_{max}$	Débit d'eau dimensionnant retenu	[l/s]
$Q_v$	Débit volumique	[m <sup>3</sup> /s]
$R_h$	Rayon hydraulique	[m]
$S_{N14}$	Surface du joint annulaire du bac N14	[m <sup>2</sup> ]
$S_{R13}$	Surface du joint annulaire du bac R13	[m <sup>2</sup> ]
$S_{P21}$	Surface du joint annulaire du bac P21	[m <sup>2</sup> ]
$S_{M20}$	Surface du joint annulaire du bac M20	[m <sup>2</sup> ]
$S_{4C9}$	Surface du joint annulaire du bac 4C9	[m <sup>2</sup> ]
$S_{4D10}$	Surface du joint annulaire du bac 4D10	[m <sup>2</sup> ]
$S_{4A8}$	Surface du joint annulaire du bac 4A8	[m <sup>2</sup> ]
$S'$	Représente la perte de charge par unité de longueur	[-]
$T$	Taux d'application du prémélange	[l/min.m <sup>2</sup> ]
$T'$	Taux d'application d'eau de refroidissement	[l/min.m]
$V$	Vitesse d'écoulement	[m/s]
$\Delta Q$	Valeur de correction des débits	[l/s]
$\Sigma H$	Somme des pertes de charge	[m]

### Liste des symboles grecs :

Symbole grec	Définition	Unités (SI)
$\eta$	Rendement de la pompe	[%]
$\rho$	Masse volumique de l'eau	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\xi$	Coefficient de pertes de charge singulière	[-]
$\lambda$	Coefficient de pertes de charge linière	[-]

# *Introduction générale*

Le risque d'incendie est le souci majeur de l'entreprise SONATRACH Béjaïa 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!

De ce fait, l'entreprise SONATRACH Béjaïa s'est dotée d'un réseau incendie qui au cours des années s'est dégradé et ne répond plus aux normes 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 « Etude et dimensionnement d'un réseau anti-incendie ».

Le présent travail est divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présenterons l'historique et l'évolution de la DRGB (Direction Régionale de Bejaia), ses multiples activités industrielles ainsi que l'organigramme décrivant ses différentes directions. Par suite, nous passerons à la description du réseau anti-incendie existant, et enfin nous terminerons par la position du problème.

Le second chapitre, englobe les principes de base d'une installation anti-incendie ainsi que les règles générales de conception puis, nous allons définir le scénario de référence pour notre étude, ce qui constituera la base pour les calculs des besoins en eau de l'installation.

Le troisième chapitre, sera consacré aux pertes de charge engendrées par la circulation du fluide dans le réseau. Le calcul de ces pertes de charge sera basé sur la formule de Hazen-Williams. Nous présenterons la méthode de Hardy-Cross, puis nous passerons à la description du système de pompage d'un réseau.

Dans le quatrième chapitre, nous aborderons la partie calculs hydrauliques où il sera question d'élaborer un programme informatique pour l'équilibrage du réseau, le calcul des pertes de charge, calcul de la hauteur manométrique totale, détermination du point de fonctionnement de l'installation et détermination de différentes caractéristiques de la pompe.

Nous terminerons 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*  
*et position du problème*

**Introduction**

Le présent chapitre traite de l'historique et de l'évolution de la DRGB (Direction Régionale de Bejaia) et de ses multiples activités industrielles ainsi que l'organigramme décrivant ses différentes directions. Par suite, nous passerons à la description du réseau anti-incendie existant, et enfin nous terminerons par la position du problème.

**I.1 Présentation de l'entreprise Sonatrach Bejaïa****I.1.1 Présentation de la DRGB [1]****I.1.1.1 Historique**

L'entreprise Sonatrach « Société National de Transport et Commercialisation des Hydrocarbures » a été créée le 31 décembre 1963 par le décret N ° 63 /49, la Sonatrach devait s'occuper uniquement du transport et de la commercialisation des hydrocarbures. Les statuts ont été modifiés par le décret N°66 / 292 de septembre 1966. Cette entreprise devient société nationale de la recherche, de la production, de transport et de la transformation dans le cadre d'un schéma directeur approuvé au début de l'année 1981 pour une meilleure efficacité organisationnelle économique. De ce principe Sonatrach a donné naissance à 17 entreprises (NAFTAL, ENIP, ENGTP, ENAG, ENAFOR... etc.)

**I.1.1.2 Situations géographiques de la DRGB [1]**

Elle est située dans la zone industrielle à deux kilomètres sud-ouest de la ville de Bejaïa, d'une superficie de quatre (4) hectares environ, constituée d'une zone de stockage et d'un port pétrolier qui se trouve à cinq (5) kilomètres environ nord-est de l'entreprise et du parc de stockage.



Figure I.1 : Le site de la TMB vue du ciel [1]

**I.1.1.3 Le Terminal Marin de Bejaïa (TMB) [1]**

Le Terminal Marin de Béjaïa (TMB) est la dernière unité de la chaîne de transport des hydrocarbures liquides avant l'expédition.

Le parc de stockage de la TMB est constitué des deux dépôts suivants :

- Le Terminal Marin Nord (TMN) dédié essentiellement au stockage du brut se composant principalement de :
  - Douze (12) bacs à toits flottants, désignés par l'appellation 4E1, 4E2, 4B12, 4B11, 4D3, 4D10, 4C4, 4C9, 4A8, 4A7, 4F5, 4F6 ;
  - Un bac atmosphérique de détente à toit fixe de forme conique, désigné par l'appellation '4Y1' ;
  - Une gare racleur arrivée ;
  - Un manifold arrivée/départ et une pomperie de chargement.
- Le Terminal Marin Sud (TMS) se compose principalement de :
  - Quatre (04) bacs désignés par l'appellation 'R13, N14, M20 et P21' ;
  - Un manifold arrivée/départ et une pomperie de chargement ;
  - Un poste de chargement en mer et ses annexes ;
  - Trois bourniers de slop (boues de pétrole) récupérés lors de la rénovation des bacs.

Le terminal marin a un rôle principal dans la cadence de fonctionnement, il joue le rôle d'un élément régulateur entre les opérations de réception des produits et l'expédition, il assure un fonctionnement sans perturbation du système, il empêche le risque de rupture de stock et le risque de surstockage.

**I.1.1.4 Activités de la DRGB [1]**

Ses principales fonctions sont :

- Stockage des produits pétroliers arrivant par le pipe-line vers les bacs ;
- Traitement de ses produits ;
- Assurer l'entretien des installations ;
- Chargement des pétroliers.

**➤ Stockage : [1]**

Les réservoirs ou bacs utilisés pour le stockage du pétrole brut sont des réservoirs cylindriques verticaux aériens en acier. Tous les bacs de stockage des hydrocarbures (hormis le bac de détente/purge) sont munis de toits flottants. Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un

système d'étanchéité déformable qui permet au toit de coulisser sans entraves à l'intérieur de la robe.

La figure suivante présente la vue de face d'un bac de stockage à toit flottant :



**Figure I.2 :** Vue du bac 4F5 du dépôt nord et sa cuvette de rétention [1]

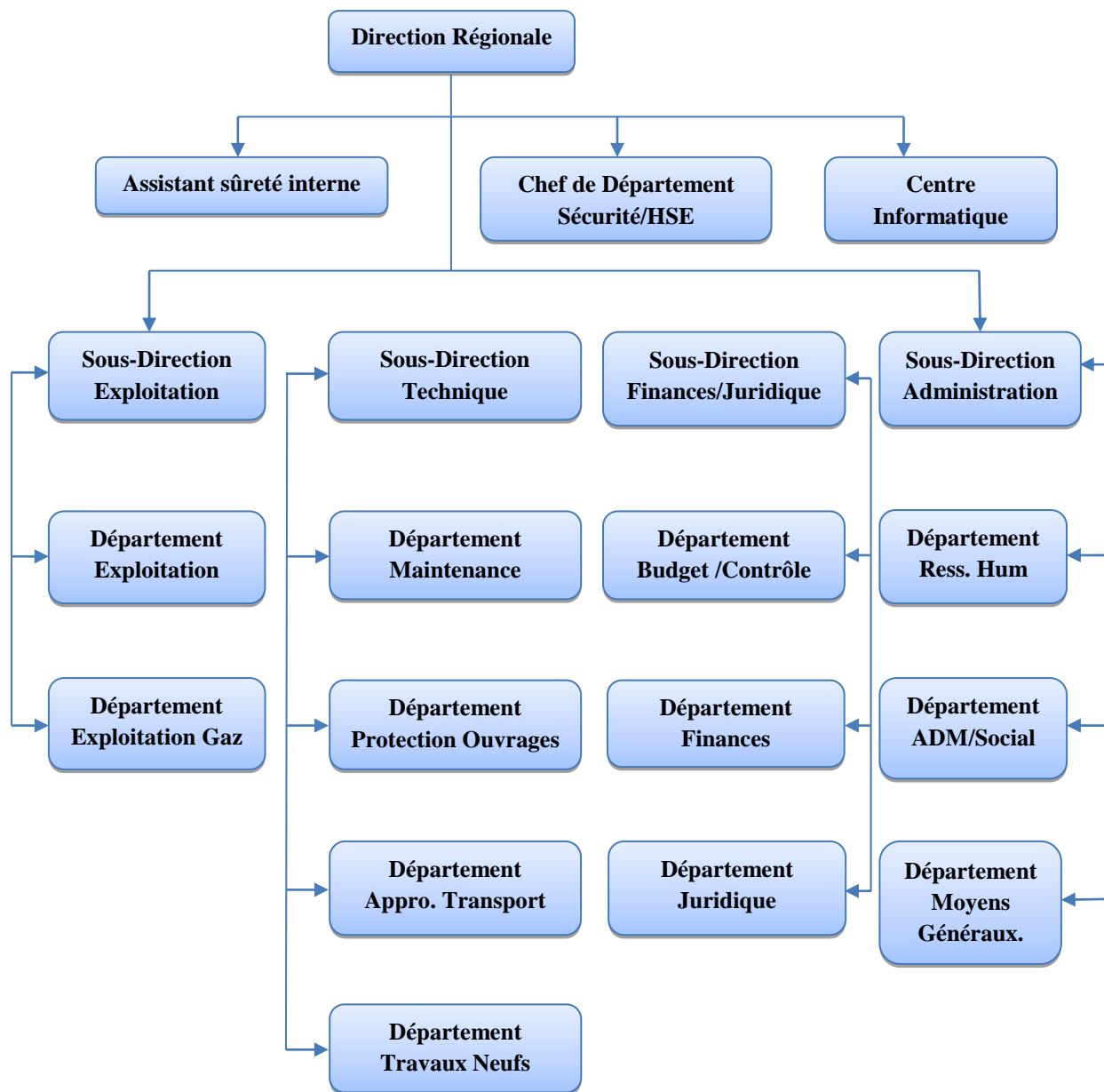
Les caractéristiques dimensionnelles des bacs de stockages de la TMB sont données dans le tableau ci-dessous : [1]

N Bac	Diamètre nominal (m)	Surface de la cuvette (m <sup>2</sup> )	Hauteur du bac (m)	Volume nominal (m <sup>3</sup> )	Type du toit	Type du joint	Hauteur d'exploitation minimale (m)	Hauteur d'exploitation maximale (m)
<b>» Parc de stockage Nord : Capacité totale : 420 000 m<sup>3</sup>, capacité utile : 324 000 m<sup>3</sup>.</b>								
4Y1	16	3150	14.40	2900	Fixe	-	-	-
4F6	56	12500	14.40	35000	Flottant	Simple	2	13
4A7	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4A8	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4C9	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4D10	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4B11	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4B12	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4E1	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4F5	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4C4	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4D3	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
4E2	56	12500	14.40	35000	Flottant	"	2	13
<b>» Parc de stockage Sud : Capacité totale : 200 000 m<sup>3</sup>, capacité utile : 162 000 m<sup>3</sup>.</b>								
R13	68	18000	14.65	50000	Flottant	joint liquide avec écran de protection	2	13
N14	68	18000	14.65	50000	Flottant	"	2	13
M20	68	18000	14.65	50000	Flottant	"	2	13
P21	68	18000	14.65	50000	Flottant	"	2	13

**Tableau I.1** : Caractéristiques dimensionnelles des différents bacs de stockage [1]

## I.1.1.5 Différents organes constituant la DRGB [1]

L'organigramme suivant donne une vue générale sur les différents organes constituant la DRGB.



**Figure I.3 :** Organigramme de la Direction régionale -Bejaïa.

## I.2 Description du réseau incendie existant

### I.2.1 Réseau eau incendie (à remplacer dans sa totalité) [1]

La description du réseau anti-incendie de la TMB est donnée comme suit :

- Réseau principal : maillé et équipé de 73 vannes de sectionnement et de 47 bouches d'incendie.
- Diamètres : dégressif de 10'' (400 m linéaire), 8'' (3500 m linéaire), 6'' (1700 m linéaire) et 4'' (1000 m linéaire).
- Bouches d'incendie : nourrices avec deux sorties de 70 mm et une sortie de 100 mm.



**Figure I.4** : Vanne de sectionnement [1]



**Figure I.5** : Nourrice [1]

### I.2.2 Approvisionnement en eau [1]

Les différents moyens d'approvisionnement en eau sont :

- Bassin de 600 m<sup>3</sup> en eau douce ;
- Bassin de 8000 m<sup>3</sup> en eau de mer.

### I.2.3 Pomperie principal [1]

- Deux électropompes de 180 m<sup>3</sup>/h chacune au niveau du bassin 600 m<sup>3</sup> ;
- Une motopompe de 400 m<sup>3</sup>/h au niveau du bassin 8000 m<sup>3</sup> ;
- Deux motopompes de 120 m<sup>3</sup>/h.



**Figure I.6 : Electropompes [1]**

#### **I.2.4 Pomperie de transfert [1]**

Quatre électropompes de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  à proximité du bassin  $8000 \text{ m}^3$  sont installées pour le transfert vers le bassin  $600 \text{ m}^3$ . (l'état des pompes est bon dans l'ensemble).

#### **I.2.5 Pompes de maintien de pression (type JOCKEY) [1]**

Deux surpresseurs de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  chacun sont installés au niveau du bassin  $600 \text{ m}^3$ .

#### **I.2.6 Circuit de refroidissement [1]**

Chaque bac est équipé d'une rampe de refroidissement en acier, monocellulaire, de 4'' reliée au réseau anti-incendie. (Pulvérisateurs bouchés)

- Diamètres : 4'' (3500 m linéaire) et 6'' (1000 m linéaire).



**Figure I.7 : Couronne de refroidissement [1]**

### I.2.7 Circuit de prémélange [1]

Les composants des circuits de prémélange sont de :

- Diamètres : 4'', environ 2044 m linéaire (avec 341 accessoires)
- Diamètres : 3'', environ 2745 m linéaire (avec 223 accessoires)
- Chaque réservoir est muni de deux couronnes de diamètre 4'' en fibre de verre alimentant 6 colonnes montantes desservant les 12 générateurs déversoirs.
- Six Générateurs déversoirs de 2''½ (de 200 l/mn) alimentés par USD et six autres par camion incendie.

### I.2.8 Unité de stockage et dosage d'émulseur (USD) (à remplacer) [1]

La description des USD à remplacer :

- Nombre : 07 USD dont, 04 USD au TM Nord et 03 USD au TM Sud (selon la configuration actuelle)
- Disposition : trois capacités de 1500 l chacune
- Autonomie : 30 minutes (selon la conception actuelle).
- Activation : en semi-automatique et en manuel
- Etat : électrovannes endommagées (déconnectées),
- Type de vannes utilisées actuellement : hydraulique
- Dispositif de commande et de contrôle : pupitre de contrôle/commande (situé à la salle de veille sécurité).



**Figure I.8** : Unité de stockage et de dosage d'émulseur [1]

**I.2.9 Véhicule de lutte contre l'incendie mixte eau / mousse [1]**

Ce véhicule permet le transport et la mise en œuvre de :

- 3 500 litres d'eau
- 8 000 litres d'émulseur

**I.3 Position du problème**

La DRGB en tant que gestionnaire des stocks pétroliers de Bejaïa a la lourde responsabilité de garantir la sécurité de ses stocks. Sachant que le grand accident qui puisse arriver à ces produits est un incendie, elle a décidé de rénover et d'automatiser son réseau incendie de telle sorte qu'il soit capable de faire face à tous les cas de feu qui peuvent se déclarer. De ce fait, l'entreprise nous a confié l'étude du réseau incendie à travers le thème qui s'intitule :

**« Etude et dimensionnement d'un réseau anti-incendie »**

Le constat actuel est que le réseau existant est dégradé et ne répond plus aux normes internationales. De ce fait, son redimensionnement lui permettra de faire face au scénario le plus pénalisant.

**I.3.1 Démarche à suivre du projet**

Pour mener à bien notre étude nous adapterons la démarche suivante :

- Validation d'un scénario ;
- Détermination des besoins ;
- Dimensionnement du réservoir d'eau ;
- Elaboration d'un programme informatique pour la répartition des débits et calculs des pertes de charge dans le réseau ;
- Calcul de la hauteur manométrique ;
- Détermination du point de fonctionnement de la pompe ;
- Choix de la pompe.

**Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la direction régionale d'une manière générale. Nous avons procédé à la description des équipements du réseau anti-incendie existant, afin de bien mener notre projet et de résoudre la problématique qui nous a été posée, ce qui fera l'objet des prochains chapitres.

# *CHAPITRE II*

## *Théories de dimensionnement d'un réseau anti-incendie*

**Introduction**

Dans ce présent chapitre, nous allons citer les principes de base d'une installation anti-incendie ainsi que ces règles de "design" puis, nous allons définir le scénario de référence pour notre étude ce qui constituera la base des calculs des besoins en eau pour l'installation.

**II.1 Les causes directes des feux de bac**

Les principales causes sont les suivantes :

- Foudre : d'après les statistiques, elle est la cause principale dans la majorité des feux de bac.
- Electricité statique : due aux opérations de vidange et remplissage de bac.
- Travaux à chaud : des travaux de maintenance à proximité des bacs de stockage.
- Etincelle d'origine mécanique : un toit bloqué restant suspendu et descendant en biais.
- Erreur opératoire : due au dysfonctionnement de l'instrumentation, suremplissage.
- Produits non stabilisés : fuites des hydrocarbures légers et formation des nuages gazeux.

**II.2 Principes de base de la protection incendie [14]**

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

- 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.2.1 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.

**II.2.2 Les différents systèmes de protection [14]**

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

- 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.2.3 Caractéristiques principales des différents éléments d'une installation fixe [14]**

Une installation de protection fixe comprend classiquement :

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

**II.2.4 Système de détection [9]**

Un système de détection a pour objectif :

- D'informer le personnel ;
- De déclencher des actions automatiques, ou non, au niveau du process 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.3 Analyse Préliminaire des Risques (APR) et Etude 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.4 Scénario de référence pour notre étude**

Les différents scénarios possibles dans un dépôt de stockage des pétroliers sont les suivants :

- Feu de cuvette ;
- Feu d'évent ;
- Feu de joint ;
- Feu de surface pleine ;
- Feu de surface obstruée.

Durant l'étude de notre projet pour le dimensionnement du réseau anti-incendie de la TMB, nous avons opté pour un scénario d'un feu de joint sur un bac à toit flottant. En se référant à la probabilité la plus possible que des faits, d'incendies, marquants et exceptionnels puissent se produire. En se conformant aussi, aux résultats de la modélisation de l'étude de danger de la TMB représentée dans la cartographie joint en annexe (A ; B) et la réglementation de la norme NFPA, nous définissons, ainsi, les besoin en eau pour le cas le plus pénalisant et extrême qui peut surgir sur les deux zones du site. Toutes fois, nous nous basons sur le principe qu'un seul événement puisse survenir à la fois sur les lieux du site en question.

**II.4.1 Zone sud**

- Feu de joint sur le bac N14 (extinction par la mousse sur le toit + refroidissement complet du bac)
- Bacs (R13, P21, M20) impactés par le flux thermique engendré par le bac en feu (N14) (refroidissement d'un tiers pour chaque bac).

**II.4.2 Zone nord**

- Feu de joint sur le bac 4C9 (extinction par la mousse sur le toit + refroidissement complet du bac)
- Bacs (4A8, 4C4) impactés par le flux thermique engendré par le bac en feu (4C9) (refroidissement d'un tiers pour chaque bac).

**II.5 Règle de design****II.5.1 Réseau de tuyauterie [9]**

Le réseau d'eau de lutte contre l'incendie est de type maillé pour un bon équilibre du système afin d'assurer une alimentation de chaque consommateur par deux chemins différents.

Le diamètre de la tuyauterie est de 8" au minimum, elle est en tube d'acier noir au carbone conforme à la norme NFPA 15 [9], il est peint d'une couche primaire antirouille et de deux couches de finition (couleur rouge incendie), les parties enterrées sont enrobées pour résister à la corrosion.

Dans les localités où le risque de gel est connu tel que sur les hauts plateaux, la tuyauterie doit être enterrée à une profondeur d'au moins 0,3 mètre sous la ligne de gel. [9]

**II.5.2 Vitesse maximale [9]**

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.

**II.5.3 Vannes [9]**

Toutes les vannes doivent être de type approuvé et conforme aux normes en vigueur régissant le domaine d'application. Le nombre de vannes dépend de l'étendu du réseau, elles sont judicieusement implantées et réparties pour faciliter toutes réparations sur le réseau en cas de besoin, celles-ci permettent de sectionner la partie du réseau nécessitant la maintenance sans avoir à condamner tout le système de lutte contre l'incendie.

Les clapets anti-retour sont considérés comme des vannes, ils permettent la circulation de l'eau dans un sens uniquement, ils sont obligatoires sur les sorties des pompes.

**II.5.4 Diffuseurs (sprinklers) [11]**

Les diffuseurs sont à tête ouverte, cela implique qu'à l'ouverture des vannes, les diffuseurs intéressés ne sont pas seulement ceux situés à proximité de la cause déclenchante, mais tous les diffuseurs. Cela pour garantir un refroidissement complet tout le long du périmètre du réservoir.

Chaque diffuseur est défini par :

- Son profil de distribution (jet plat, jet conique, jet demi-sphérique) ;

- Son angle et sa position de montage (orientée vers le haut / vers le bas) ;
- Le diamètre de la buse (jet) ;
- Son coefficient  $K'$ , tel que  $Q = K' \times \sqrt{P}$  ; [9]
- La distance à la cible ;
- Les conditions atmosphériques (vent).

### II.5.5 Déversoirs [10]

Ces déversoirs sont installés de manière à protéger le toit flottant du bac, qu'ils sont tenus d'inonder grâce à leurs propriétés de mélange avec l'air, et donc, au foisonnement qu'ils génèrent.

Les déversoirs sont en acier inoxydable pour garantir une résistance et une efficacité maximale à travers le temps. Ils sont constitués d'un tube avec un petit orifice en entrée et une couronne de trous à la base pour l'entrée de l'air.

La disposition des déversoirs se fera d'une manière à ce que la totalité de la surface du joint puisse être couverte sans que la mousse ait plus de 20 minutes à parcourir cette dernière. [10]

Le nombre de déversoir en fonction du diamètre du bac est donné dans le tableau suivant :

Diamètre du bac D (m)	Nombre de points d'injection
$D < 24$	1
$24 < D < 36$	2
$36 < D < 42$	3
$42 < D < 48$	4
$48 < D < 54$	5
$54 < D < 60$	6 à 8

**Tableau II.1** : Nombre de déversoir en fonction du diamètre du bac [10]

### II.5.6 Pompes incendie

#### II.5.6.1 Pompes principales [18]

Les pompes incendie doivent couvrir 100% de la demande maximale, à la pression requise en tous points du réseau. On trouve les combinaisons suivantes :

- 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, par exemple moteur électrique et moteur Diesel.

La prise des pompes dans le bassin est placée à un niveau le plus bas possible afin de pouvoir utiliser le plus possible la capacité du bassin, mais en restant toujours au-dessus du niveau de l'axe d'entrée des pompes, comme recommandé par la norme NFPA 20 [18].

#### II.5.6.2 Pompes de maintien de pression (type Jockey) [18]

Une ou deux pompes jockey sont prévues pour maintenir le réseau sous une pression d'environ 6 à 8 bar, avec un débit variant de 20 à 50 m<sup>3</sup>/h. Les pompes jockey sont entraînées par un moteur électrique.

### II.5.7 Réserve d'eau et de carburant Diesel

#### II.5.7.1 Réserve d'eau

La réserve d'eau nécessaire pour assurer une autonomie de lutte contre l'incendie par les moyens propres à l'unité, pendant un certain temps (t), est défini par les normes de sécurité relatives au risque à protéger.

Ce temps est défini selon les réglementations suivantes :

Réglementation	Volume (m <sup>3</sup> )
Française	Débit requis maximal × 12 heures
Américaine	Débit requis maximal × 4 à 6 heures
Anglaise	Débit requis maximal × 10 heures

**Tableau II.2** : Réglementation des réserves d'eau

La réserve d'eau peut être surélevée, un bassin enterré, un lac ou une rivière, donc des mesures préventives sont nécessaires comme (filtre, crépine,...etc.), pour empêcher l'introduction des objets pouvant endommager le système de pompage.

#### II.5.7.2 Réserve de carburant Diesel

Le réservoir de carburant Diesel des pompes incendie est calculé pour la même durée de fonctionnement (soit 12 heures suivent la réglementation Française par exemple)

**II.5.8 Autres éléments du réseau****II.5.8.1 Hydrants (poteaux incendie) [14]**

Un hydrant ou poteau incendie est conçu souvent en 150 mm de diamètre, avec une seule vanne d'isolement, avec deux sorties de 70 mm et une sortie de 100 mm, avec des bouchons enchaînés et des tuyaux incendie qui peuvent être connectés à ces sorties.

- Il peut être mécano-soudé, préfabriqué avec des éléments de tuyauterie ;
- Il doit être de type incongelable (drainage automatique) lorsqu'il y a risque de gel ;
- Il doit être facilement accessible depuis la route, à 15 mètres au moins des équipements à protéger et à l'abri de tout dommage possible par les véhicules.

**II.5.8.2 Lances monitors [14]**

Les lances monitors sont destinés à fournir de l'eau ou de la mousse pour le refroidissement ou l'extinction des incendies. Ils complètent les systèmes fixes et sont destinés à projeter de l'eau sous pression sous forme de :

- Jet plein pour bénéficier d'une grande portée et d'un effet de choc ;
- Jet diffusé en cône ou en nappe pour refroidir, ventiler et couvrir une grande surface.

Le lance monitor peut être :

- À réglage fixe ;
- Oscillant ;
- Localisé soit au niveau du sol, soit en hauteur ;
- Commandé localement ou à distance.

**II.6 Protection par eau**

Face à un feu, l'application d'eau offre un bénéfice potentiel en termes de refroidissement des équipements, des structures et des bacs exposés au feu. Son objectif n'est donc pas l'extinction, mais le refroidissement visant à empêcher (ou à réduire) les dégâts causés au matériel par la chaleur ou la surpression résultant de la surchauffe du contenu des bacs de stockage.

Elle est appliquée directement sur la surface à protéger et peut être utilisée pour protéger l'accès du personnel en charge de fermer l'arrivée de combustible, permettant, ainsi, la suppression du feu. Le système d'application choisi est fonction du type de bac, du produit stocké, et de la stratégie mise en œuvre en cas d'incident.

Quelle que soit la protection utilisée, le système doit être défini pour un taux d'application d'eau de 15 l/min.m linéaire de la surface à protéger, en plus du bac soumis aux flammes, entre le quart et la moitié de la surface totale des bacs adjacents pouvant être exposés au rayonnement thermique doivent être refroidi de la même manière. [9]

## II.7 Protection par mousse

### II.7.1 Formation de la mousse

La mousse est un assemblage de bulles constituées par une atmosphère d'air emprisonné dans une paroi mince de solution moussante. [13]

Cette solution ou prémélange est composé d'eau et d'un pourcentage d'émulseur compris entre 3 à 6 %. [13]

La mousse est produite par un mélange d'eau, d'émulseur et d'air, la mise en œuvre comprend deux étapes [13] :

- Le prémélange (eau + émulseur)
- La mousse (prémélange + air)

Une bonne mousse doit être stable, elle ne doit pas se décanter trop rapidement, elle doit être adhérente, doit se coller sur une surface verticale, être fluide et doit se répandre rapidement sur la nappe en feu. [13]

### II.7.2 Domaine d'application [13]

La mousse est caractérisée par son foisonnement c'est-à-dire le rapport entre le volume de la mousse obtenu et le volume du prémélange (eau + émulseur). Le coefficient de foisonnement s'écrit sous la forme suivante :

$$f = \frac{V_{mousse}}{V_{prémélange}} \quad (II.1)$$

Il existe trois types de foisonnement, selon que l'on introduit plus ou moins d'air :

- Haut foisonnement :  $200 \leq f \leq 1000$  ;
- Moyen foisonnement :  $20 \leq f \leq 200$  ;
- Bas foisonnement :  $2 \leq f \leq 20$ .

En fonction du foisonnement, les applications sont différentes :

#### II.7.2.1 Haut foisonnement

La mousse est déversée à la sortie même de l'appareil de mise en œuvre. Cette mousse est essentiellement destinée au remplissage de volumes importants tel que entrepôt, galerie de câbles,...etc. est utilisée en milieu fermé (sensible au vent). [13]

#### II.7.2.2 Moyen foisonnement

La mousse peut être projetée à une dizaine de mètres. Elle est plus sensible aux conditions météorologiques que la mousse à bas foisonnement et sa résistance à la ré-inflammation est aussi inférieure, le moyen foisonnement est employé quand des quantités importantes de mousse sont

nécessaires pour des moyens en eau limités, il est également adapté à la rétention des fuites ou épandages de gaz liquéfiés ou de produits toxiques. [13]

### **II.7.2.3 Bas foisonnement**

La mousse produite par des lances ou des canons, peut être projetée à longue distance, cette mousse est stable, peu sensible aux conditions atmosphériques (pluie, vent, ...) et assure une couverture résistante. [13] Elle est très adaptée pour lutter contre les grands feux de l'industrie pétrolière. [10]

### **II.7.3 Extinction par la mousse**

L'eau est insuffisante pour traiter un feu sur un réservoir. En termes pratiques, la mousse bas foisonnement est la meilleure méthode pour éteindre un feu sur un stockage d'hydrocarbure. [10]

La mousse doit être appliquée à l'intérieur, tangentielle à la paroi du bac, par des systèmes fixes. [10]

L'application de la mousse par le haut du bac en des points multiples d'injection par des déversoirs est la plus courante. [10]

La mousse éteint un incendie de différentes façons qui sont les suivantes [13] :

- 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.

Quelle que soit la protection utilisée, le système doit être défini pour un taux d'application de mousse de 12 l/min.m<sup>2</sup> de la surface à protéger. [10]

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. [10]

### **II.7.4 Stockage de l'émulseur [13]**

Les émulseurs sont des produits stables pouvant être conservés jusqu'à 10 ans, dans des conditions normales de stockage (température ambiante, à l'abri de la lumière, emballage fermé). La plupart des matières plastiques conviennent en tant que matériau de stockage pour tous les émulseurs.

En cas de gel, les émulseurs retrouvent leurs propriétés en revenant à l'état liquide. Leurs températures d'utilisation varie de  $-15^{\circ}\text{C}$  à  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Les émulseurs doivent être non toxiques et biodégradables.

### II.7.5 Réseau mousse [13]

Deux types de réseaux existent :

- Réseau avec émulseur, le prémélange étant fait à proximité de chaque consommateur (réseau plein)
- Réseau avec prémélange, le prémélange étant fait à proximité de la réserve commune d'émulseur (réseau vide)

Les matériaux utilisés pour les réseaux doivent être compatibles avec l'émulseur, et l'eau employés.

Une vérification auprès du fournisseur d'émulseur de la compatibilité des matériaux employés avec l'émulseur sélectionné sera effectuée systématiquement.

Le design du réseau mousse répond aux mêmes critères que le réseau d'eau incendie (dimensionnement, vanne, maillage, protection mécanique, ...).

### II.8 Détermination du besoin en eau pour l'installation

Sur la base du choix retenu pour les différents systèmes de protection de l'installation est fonction des scénarios, on peut déterminer la demande en eau maximale pour le refroidissement et l'extinction par mousse de l'installation. Cette valeur est appelée débit dimensionnant, et correspond au scénario dimensionnant du réseau incendie. Le calcul est effectué équipement par équipement pour le scénario déterminé auparavant, dans les deux zones (sud et nord).

#### II.8.1 Zone sud

La détermination du débit d'eau ( $Q_{E_{sud}}$ ) nécessaire pour l'extinction par mousse est représentée dans le tableau suivant

Equipement	Surface du joint du bac ( $\text{m}^2$ )	Taux d'application ( $\text{l/min.m}^2$ ) [9]	Pourcentage en eau (%)	Débit ( $\text{l/min}$ )
Bac N14	$S_{N14}$	T	$C_e$	$Q_{E_{sud}} = (S_{N14} \times T) \times C_e$

**Tableau II.3** : Détermination des débits pour l'extinction de la zone sud.

Avec :

T : Représente le taux d'application pour l'extinction ;

$C_e$  : Représente le pourcentage en eau dans le prémélange ;

$Q_{E_{sud}}$  : Représente le Débit d'extinction de la zone sud.

La détermination du débit ( $Q_{R_{sud}}$ ) nécessaire pour le refroidissement est représentée dans le tableau suivant :

Equipement	Périmètre à refroidir (m)	Taux d'application (l/min.m) [9]	Débit (l/min)
Bac N14	$P_{N14}$	$T'$	$Q_1 = P_{N14} \times T'$
Bac R13	$(1/3) \times P_{R13}$	$T'$	$Q_2 = (1/3 \times P_{R13}) \times T'$
Bac P21	$(1/3) \times P_{P21}$	$T'$	$Q_3 = (1/3 \times P_{P21}) \times T'$
Bac M20	$(1/3) \times P_{M20}$	$T'$	$Q_4 = (1/3 \times P_{M20}) \times T'$
			$Q_{R_{sud}} = \sum_1^4 Q_j$

**Tableau II.4** : Détermination des débits pour refroidissement de la zone sud.

Avec :

$T'$  : Représente le taux d'application pour le refroidissement ;

$Q_{R_{sud}}$  : Représente le débit de refroidissement de la zone sud.

Le débit total d'eau de la zone sud ( $Q_{T_{sud}}$ ) est la somme des débits nécessaires pour le refroidissement et pour l'extinction

$$Q_{T_{sud}} = Q_{E_{sud}} + Q_{R_{sud}} \quad (II.2)$$

Avec :

$Q_{T_{sud}}$  : Représente le débit total de la zone sud.

### II.8.2 Zone nord

La détermination du débit d'eau ( $Q_{E_{nord}}$ ) nécessaire pour l'extinction par mousse est représentée dans le tableau suivant :

Equipement	Surface du joint du bac (m <sup>2</sup> )	Taux d'application (l/min.m <sup>2</sup> ) [10]	Pourcentage en d'eau (%)	Débit (l/min)
Bac 4C9	$S_{4C9}$	$T$	$C_e$	$Q_{E_{nord}} = (S_{4C9} \times T) \times C_e$

**Tableau II.5** : Détermination des débits pour l'extinction de la zone nord

Où  $Q_{E_{nord}}$  représente le débit d'extinction de la zone nord

La détermination du débit d'eau ( $Q_{R_{nord}}$ ) nécessaire pour le refroidissement est représentée dans le tableau suivant :

Equipement	Périmètre à refroidir (m)	Taux d'application (l/min.m) [9]	Débit (l/min)
Bac 4C9	$P_{4C9}$	$T^*$	$Q_1 = P_{4C9} \times T^*$
Bac 4D10	$(1/3) \times P_{4D10}$	$T^*$	$Q_2 = (1/3 \times P_{4D10}) \times T^*$
Bac 4A8	$(1/3) \times P_{4A8}$	$T^*$	$Q_3 = (1/3 \times P_{4A8}) \times T^*$
			$Q_{R_{nord}} = \sum_1^3 Q_j$

**Tableau II.6** : Détermination des débits pour refroidissement de la zone nord.

Avec :

$Q_{R_{nord}}$  : Représente le débit de refroidissement de la zone nord.

Le débit total d'eau de la zone nord est la somme des débits nécessaires pour le refroidissement et l'extinction

$$Q_{T_{Nord}} = Q_{E_{nord}} + Q_{R_{nord}} \quad (II.3)$$

Avec :

$Q_{T_{Nord}}$  : Représente le débit total de la zone nord.

Le débit maximal dimensionnant pour l'installation est égale au maximum des débits des deux zones (nord, sud). A ce débit on rajoute le débit de 1 ou 2 lances monitors (120 m<sup>3</sup>/h, par lance).[14]

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les principes et les règles de dimensionnement d'un réseau anti-incendie, en nous basant sur la réglementation de la norme NFPA. En choisissant un scénario pour notre étude nous avons déterminé la méthode de calcul des besoins en eau pour l'extinction et la protection.

# ***CHAPITRE III***

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

## Introduction

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 la formule de Hazen-Williams ainsi que la méthode de Hardy-Cross, puis nous passerons à la description du système de pompage.

### III.1 Historique

L'homme utilise des réseaux de canalisation pour véhiculer les fluides depuis très longtemps. Les premières canalisations réalisées en terre cuite remontent au troisième millénaire avant J.C. Mais ce n'est qu'à partir de l'époque d'Archimède et des ingénieurs d'Alexandrie, au III<sup>ème</sup> siècle avant J.C, que sont apparus des circuits fonctionnant en charge, c'est-à-dire sous pression et sans surface libre. Les systèmes d'adduction d'eau se sont ensuite perfectionnés progressivement en utilisant des conduites métalliques [4].

### III.2 Généralités [9]

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.2.1 Vitesse d'écoulement [4]

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 [m<sup>3</sup>/s] ;

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

#### III.2.2 Régime d'écoulement [7]

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.

### II.2.3 Nombre de Reynolds [6]

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

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  $[m^2/s]$ .

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

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

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.2.4 Viscosité [6]

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 apparaître 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, c'est qu'elle dépend essentiellement de la température.

### III.2.5 Rugosité [6]

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.

### III.2.6 Equation de Bernoulli [12]

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] ;

$\Delta H$  : Représente la perte de charge totale, en [m].

### III.3 Pertes de charge [5]

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.3.1 Pertes de charge linéaires [7]

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

$\rho$  : 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.3.2 Pertes de charge singulières [7]

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  $\xi$ , déterminées par la relation suivante :

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

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] ;

$\xi$  : 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. [7]

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 [7]

### III.4 Equation expérimentale de Hazen-Williams [12]

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 :

Conduite	Valeur du coefficient $C_{HW}$
Fonte	100
Fer au carbone	120
Zingué	120
Plastique	150
Fonte cimentée	140
Cuivre ou acier inoxydable	150
Amiante	140
Ciment	140

**Tableau III.1** : Valeur du  $C_{HW}$  selon le matériau [9]

#### III.4.1 Relation entre le débit et la perte de charge (H) dans une conduite [12]

A 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 :

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

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 :

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

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 [m<sup>2</sup>].

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

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

$$\text{Enfin nous pouvons écrire :} \quad H = K Q^m \quad (\text{III.10})$$

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 ( $m$ )

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

$$\text{Avec : } \beta = 10,679$$

### III.4.2 Analyse des réseaux [12]

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.5 Méthode de Hardy-Cross

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 [8].

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 [12].

#### III.5.1 Principe de la méthode Hardy-Cross

##### III.5.1.1 Loi de continuité [12]

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 :

$$\sum Q_i = 0 \quad (\text{III.12})$$

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.

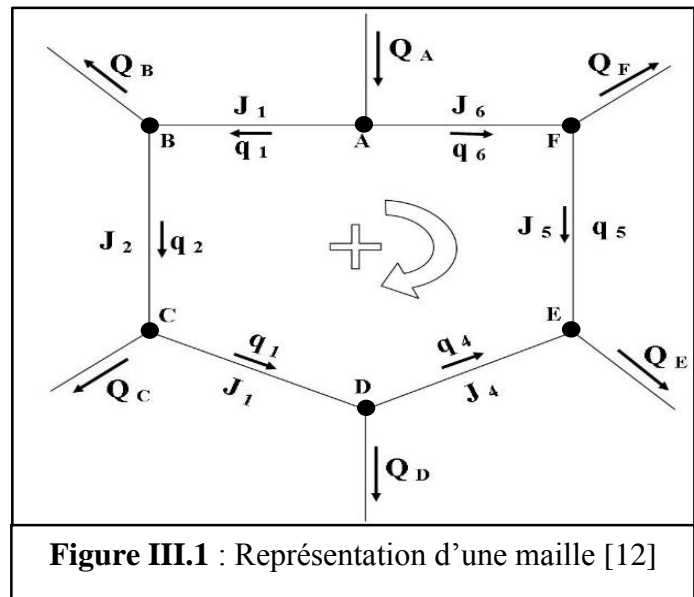
Pour le nœud A de la figure (III.1) l'équation de continuité est la suivante :

$$Q_A + q_1 + q_6 = 0$$

##### III.5.1.2 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. [12]

Pour chaque maille, nous pouvons, en effet, écrire que la somme algébrique des pertes de charge est nulle, c'est-à-dire que



$$\sum (H)_i = 0 \quad (\text{III.13})$$

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 [12].

Soit, compte tenu de l'équation (II.10)

$$\sum K_i Q_i^m = 0 \quad (\text{III.14})$$

De telles équations sont non linéaires, puisque les variables  $Q_i$  (débits) portent toutes un exposant différent de 1, soit 1,852. [12]

Cette loi appliquée au contour ABCDEF figure (III.1), 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 :

$$J_6 + J_5 - J_4 - J_3 - J_2 - J_1 = 0 \quad (\text{III.15})$$

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. [12]

### III.5.1.3 Correction du débit dans une maille après une itération [12]

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  $\Delta Q$  est la valeur de la correction à apporter à ce débit, le débit corrigé après la première itération est :

$$Q = Q_i + \Delta Q \quad (\text{III.16})$$

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

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

$$\text{Soit} \quad H = K (Q_i + \Delta Q)^m = K Q_i^m \left[ 1 + \frac{\Delta Q}{Q_i} \right]^m \quad (\text{III.17})$$

Le développement en série de l'équation (III.17) donne l'expression suivante :

$$H = KQ_i^m \left[ 1 + m \frac{\Delta Q}{Q_i} + \frac{m(m-1)}{2!} \times \frac{\Delta Q^2}{Q_i^2} + \theta_i \right] \quad (\text{III.18})$$

Avec :

$\theta_i$  : Représente les termes de valeurs négligeables

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

$$H = KQ_i^m \left[ 1 + m \frac{\Delta Q}{Q_i} \right] \quad (\text{III.19})$$

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  $\Delta Q$  représente la correction à apporter au débit de tous les tronçons de la maille :

$$\sum(H)_i = 0 = \sum K_i Q_i^m + m \Delta Q \sum K_i Q_i^{m-1} \quad (\text{III.20})$$

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

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

$$\Delta Q = \frac{-\sum K_i Q_i^m}{m \sum \left( \frac{K_i Q_i^m}{Q_i} \right)} = \frac{-\sum(H)_i}{m \sum \left( \frac{(H)_i}{Q_i} \right)} \quad (\text{III.21})$$

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  $\Delta Q$  est positif, les débits positifs dans la maille sont augmentés de  $\Delta Q$ , et les débits négatifs sont réduits de  $\Delta Q$ .

On effectue, aussi, plusieurs itérations jusqu'à ce qu'on obtienne un résultat satisfaisant, c'est-à-dire jusqu'à ce que  $\Delta Q$  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.5.2 Les étapes de la méthode Hardy-Cross [12]

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  $M + N - 1 = D$  (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 algébriques, puisque, pour tout tronçon,  $(H)_i$  et  $Q_i$  ont le même signe.
- f) Calcul de la correction  $\Delta Q$  à apporter aux débits relatifs aux conduites de la première maille à l'aide de la relation :

$$\Delta Q = \frac{-\sum (H)_i}{m \sum \left( \frac{(H)_i}{Q_i} \right)} \quad (\text{la valeur de } \Delta Q \text{ est soit positive, soit négative}).$$

- 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 subséquentement.
- 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  $\Delta Q$  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 :

$$\left( \frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + h_A \right) - \left( \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + h_B \right) = H \quad (\text{III.22})$$

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 :

$$\frac{P_A}{\rho g} + h_A = \frac{P_B}{\rho g} + h_B + H \quad (\text{III.23})$$

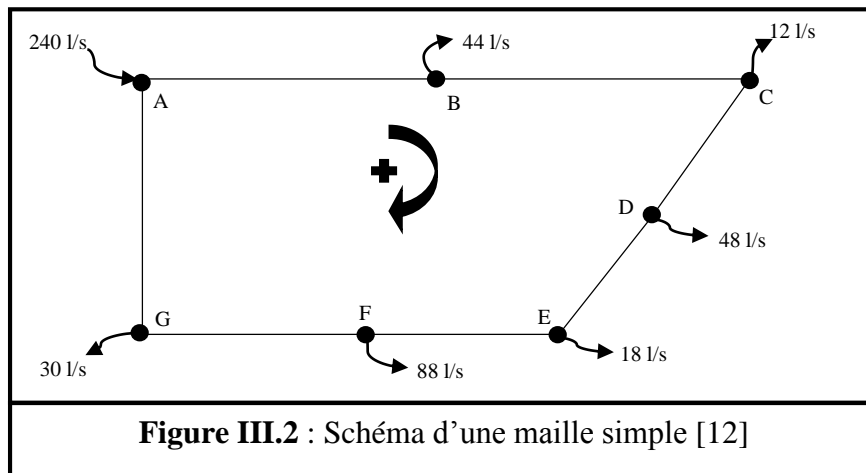
Enfin, puisque nous pouvons calculer les pertes de charge  $H$  (étant donné que nous connaissons le débit et les caractéristiques de la conduite entre le nœud (A) et (B)), nous pouvons calculer la

pression  $\frac{P_B}{\rho g}$  au nœud (B).

### III.5.2.1 Application de la méthode Hardy-Cross à une maille simple [12]

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 100. 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.



- Etape (a)

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

Nombre de maille  $M = 1$  ;

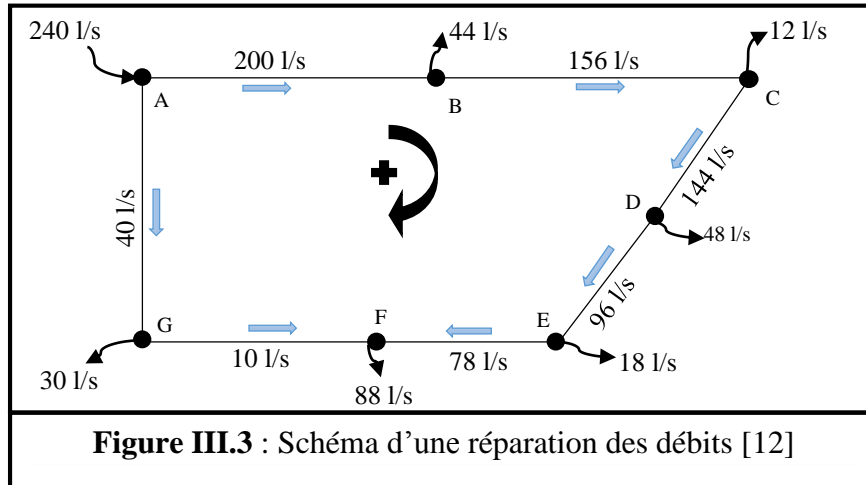
Nombre de nœud  $N = 7$  ;

Nombre de tronçon (conduite)  $D = 7$

On aura  $M + N - 1 = D = 7$  donc la relation est vérifiée

- Etape (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 (III.3) :



**Figure III.3** : Schéma d'une répartition des débits [12]

- Etape (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 :

$$K = \frac{\beta \times L}{C_{HW}^{1.852} \times D^{4.87}}$$

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-après :

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	K	H (m)
A-B	300	355	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

- Etape (d)

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

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

- Etape (e)

Cette étape consiste à calculer d'abord  $(H/Q)$  relative à chaque tronçon, puis effectuer leur somme algébrique  $\sum(H/Q)$  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
	$\sum(H/Q) = 783,37$

**Tableau III.3** : Résultats de calcul de la somme des  $(H/Q)$

- Etape (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 :

$$\Delta Q = \frac{-\sum (H)_i}{m \sum \left( \frac{(H)_i}{Q_i} \right)} = -0,044$$

Une fois  $\Delta Q$  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)	$\Delta Q$ (l/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  $\Delta Q$

On vient de terminer la première itération sur la maille, comme  $\Delta Q$  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)	$\Delta Q$ (l/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

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.

### III.6 Système de pompage

#### III.6.1 Généralités

##### III.6.1.1 Définition

On appelle pompe une machine dont le rôle est d'assurer un échange d'énergie mécanique entre un liquide et un rotor animé d'un mouvement de rotation à vitesse constante autour d'un axe. [15]

##### III.6.1.2 Domaines d'application des pompes [16]

L'importance technique, économique, voir tout simplement quotidienne des pompes se retrouve dans de nombreux secteurs d'activités liés à l'utilisation d'un liquide à des fins très divers.

Sans être exhaustif dans la description de cette utilisation, nous pouvons, néanmoins, les regrouper selon les principaux secteurs d'application qui sont :

La production d'énergie électrique, l'extraction et le traitement des hydrocarbures fossile, le traitement et la distribution d'eau, les transports, l'industrie en général,...etc.

#### III.6.2 Turbopompes [17]

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.

##### III.6.2.1 Les pompes centrifuges [17]

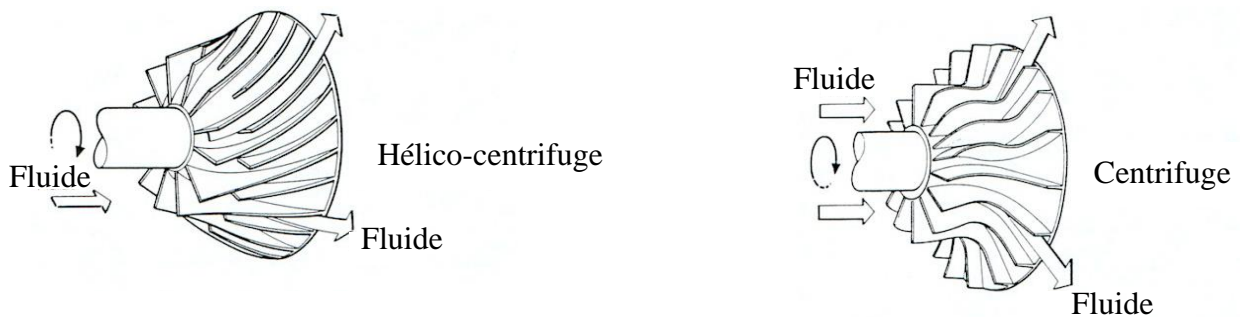
Le mouvement du liquide est rigoureusement normal à l'axe, car il pénètre au centre de la roue et est projeté vers l'extérieur par l'action combinée de la force centrifuge et des aubes du rotor.

### III.6.2.2 Les pompes axiales [17]

Dans ce type de pompes, le fluide est animé d'un mouvement parallèle à l'axe de la pompe.

### III.6.2.3 Les pompes hélico-centrifuges [17]

Ce type de pompe a un impulseur qui est intermédiaire entre les deux types extrêmes, centrifuge à hélice ; le mouvement imprimé au liquide est, donc, à la fois centrifuge et axial.



**Figure III.4 :** Différents types de turbopompes [17]

### III.6.2.4 Constitution d'une turbopompe [17]

Généralement, on retrouve dans une turbopompe :

- **La roue**

C'est l'organe essentiel de toutes les turbopompes, en comportant les aubes par lesquelles s'effectuent le transfert d'énergie entre le liquide et l'arbre de la machine. La forme géométrique de cet organe impose l'allure générale de la trajectoire des particules fluides.

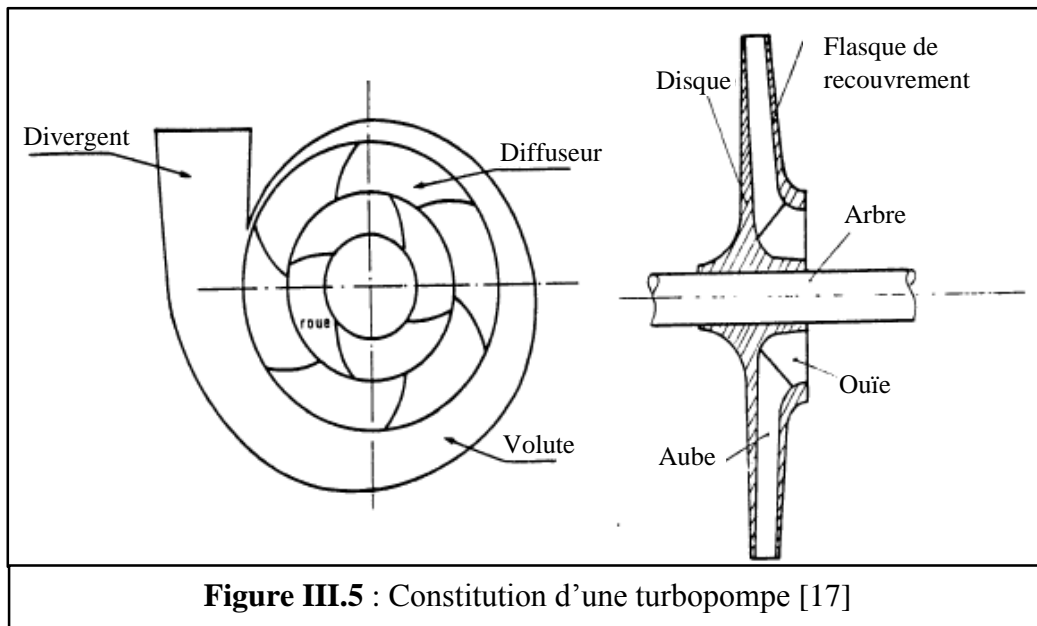
- **Le corps**

On appelle corps de pompe, l'enveloppe extérieure de la machine. C'est la partie fixe de la machine ou stator. Il est constitué principalement de la turbine d'aspiration, de la volute et de la tubulure de refoulement.

D'autres organes sont nécessaires pour relier la roue aux cotés amont et aval de l'installation, pour recueillir le liquide sortant de la roue d'une pompe, et encore pour imposer au débit la valeur requise par le régime de fonctionnement de la machine à un instant donné.

- **Le distributeur**

C'est un organe fixe dont le rôle est de guider le fluide depuis la section d'entrée de la pompe (aspiration) jusqu'à l'entrée de la roue, tout en lui assurant une vitesse et une direction convenable.



### III.6.3 Pompe centrifuge

#### III.6.3.1 Définition de la pompe centrifuge [2]

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant à travers d'une roue à aubes appelée impulseur. 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 décrivant une trajectoire centrifuge d'où le nom donné à ces machines.

#### III.6.3.2 Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge pure [2]

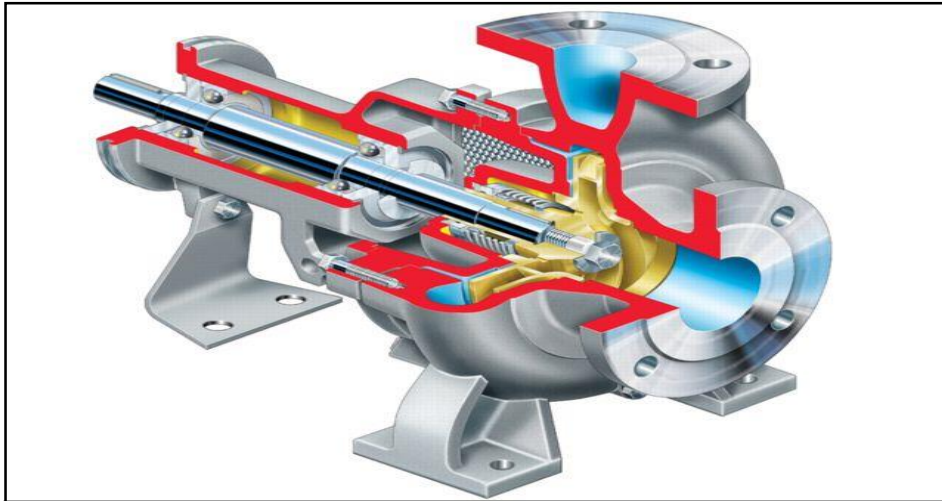
Une pompe centrifuge accélère le fluide qui la traverse en lui communiquant un mouvement de rotation, donc une certaine énergie hydraulique.

Cette énergie hydraulique peut être vue comme la somme d'une énergie cinétique déterminée par le mouvement du liquide dans le tube et d'une énergie potentielle stockée soit sous la forme d'un accroissement de pression, soit sous celle d'une augmentation de hauteur (théorème de Bernoulli).

### III.6.4 Différents types de pompes centrifuges

Il existe un grand nombre de types de pompes centrifuges. On peut les classer de plusieurs manières, en tenant compte, notamment :

- Du nombre de roue ;
- De la direction de l'axe (horizontale ou verticale) ;
- Du type d'effluent à pomper.

**III.6.4.1 Nombre de roue, (pompes mono et multicellulaires)****a) Pompes monocellulaires****Figure III.6 : Pompe centrifuge monocellulaire [17]**

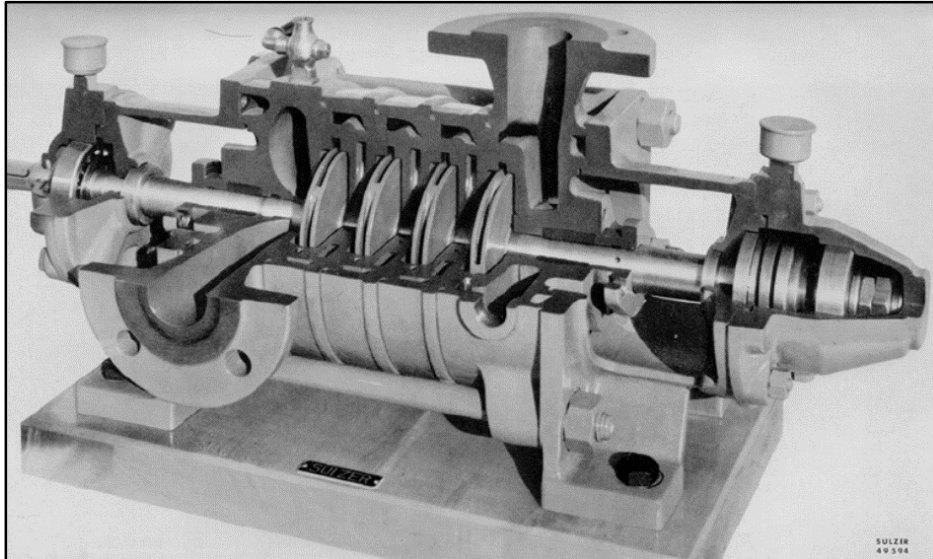
On peut avoir plusieurs dispositions [17] :

- 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.

**b) Pompes multicellulaires [17]**

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.



**Figure III.7 : Pompe centrifuge multicellulaire [17]**

#### III.6.4.2 Pompes à axe horizontal ou vertical

Les pompes peuvent être à axe horizontal ou à axe vertical. Elles peuvent être dites de surface.

##### a) Pompe de surface à axe horizontal

Cette disposition est la plus classique, elle est adaptée généralement pour les pompes de surface. La pompe et le moteur sont raccordés par un accouplement, permettant l'entretien et démontage facile de la pompe ou du moteur séparément. [3]

##### b) Pompe de surface à axe vertical

Disposition adaptées lorsqu'un gain d'encombrement au sol est recherché, les performances obtenues pour les pompes sont sensiblement les mêmes que pour une disposition horizontale. [3]

##### c) Pompe immergée à axe vertical [3]

Ces pompes sont de construction plus récente que les précédentes ; elles sont spécialement conçues pour l'équipement des puits profonds. Nous citerons les deux principes suivants :

- Pompe immergée à axe vertical commandée par un moteur placé en surface ;
- Groupe de pompage à moteur immergé.

#### III.6.4.3 Types d'effluents 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.....). [17]

### III.6.5 Avantages et inconvénients des pompes centrifuges

#### III.6.5.1 Avantages

Pour les avantages, ce sont des machines de construction simple, sans clapet ou soupape, d'utilisation facile et peu coûteuses. [6]

- A caractéristiques égales, elles sont plus compactes que les machines volumétriques ;
- Leur rendement est souvent meilleur que celui des « volumétriques » ;
- Elles sont adaptées à une très large gamme de liquides ;
- Leur débit est régulier et le fonctionnement silencieux ;
- En cas de colmatage partiel ou d'obstruction de la conduite de refoulement, la pompe centrifuge ne subit aucun dommage et l'installation ne risque pas d'éclater. La pompe se comporte alors comme un agitateur.

#### III.6.5.2 Inconvénients

Pour les inconvénients nous pouvons citer :

- Impossibilité de pomper des liquides trop visqueux ;
- Production d'une pression différentielle peu élevée (de 0,5 à 10 bar) ;
- Elles ne sont pas auto-amorçantes ;
- A l'arrêt ces pompes ne s'opposent pas à l'écoulement du liquide par gravité (donc vanne à prévoir....).

### III.6.6 Caractéristiques des pompes centrifuges

Les pompes centrifuges sont caractérisées par :

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

#### III.6.6.1 Le débit de refoulement ( $Q_v$ )

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 ( $m^3/h$ ).

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

$$Q_v = V \times S = V \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (III.24)$$

Avec :

$Q_v$  en [ $m^3/s$ ],  $V$  en [ $m/s$ ] et  $D$  en [ $m$ ].

### III.6.6.2 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 ( $Q_v$ ) :

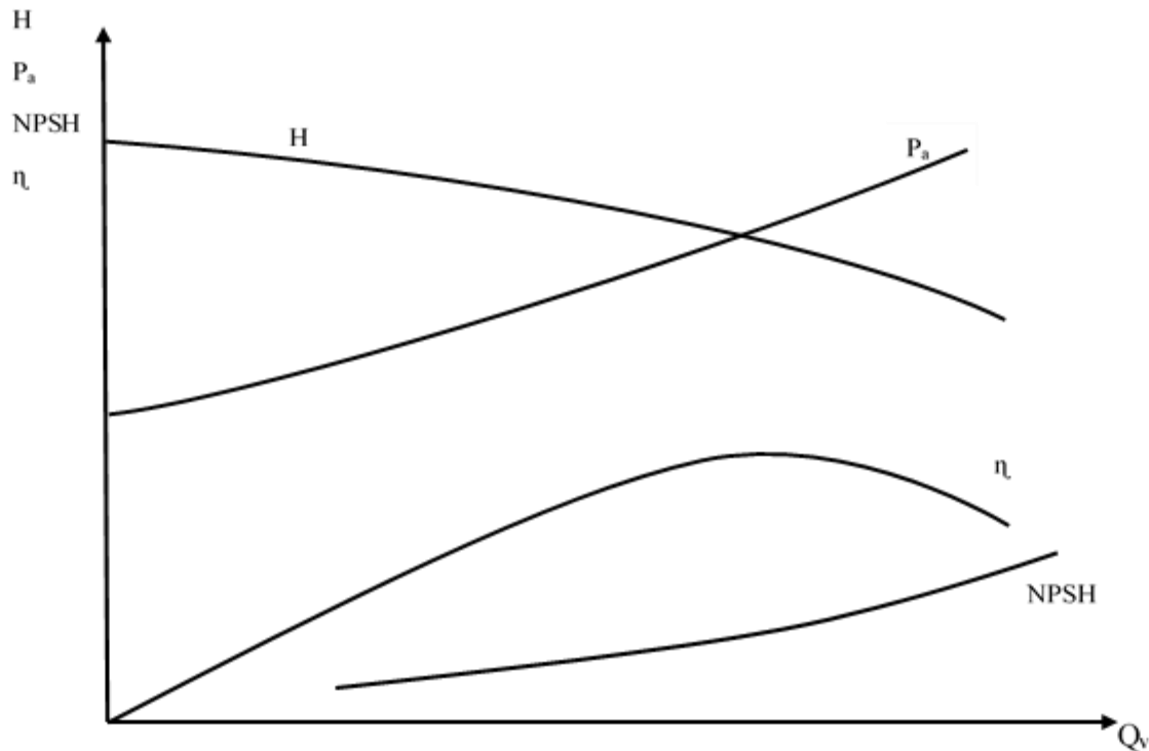


Figure III.8 : Les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge [5]

### III.6.7 Puissance absorbée, $P_a$ au niveau de l'arbre de pompe

La puissance absorbée,  $P_a$ , d'une pompe est la puissance mécanique absorbée, en kW, ou en W, au niveau de l'arbre ou de l'accouplement de la pompe. Elle est proportionnelle au cube de la vitesse de rotation et est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$P_a = \frac{\rho \times g \times H_A \times Q_v}{\eta} \quad (\text{III.25})$$

Avec :

- $P_a$  : Puissance absorbée, en [W] ;
- $\rho$  : Masse volumique, en [kg/m<sup>3</sup>] ;
- $Q_v$  : Débit refoulé, en [m<sup>3</sup>/s] ;
- $g$  : Accélération de la pesanteur = 9,81 [m/s<sup>2</sup>] ;
- $H_A$  : Hauteur manométrique totale, en [m] ;
- $\eta$  : Rendement de la pompe.

### III.6.8 Les caractéristiques de l'installation

#### III.6.8.1 Hauteur totale, $H_A$ , de l'installation

L'équation de Bernoulli postule l'équivalence des formes d'énergie avec les formes apparentes géométriques, statiques et dynamiques, la hauteur totale,  $H_A$ , de l'installation se compose ainsi :

Dans le cas d'un écoulement supposé sans frottement, des trois composantes suivantes :

- $H_{\text{géo}}$  (hauteur géométrique) : différence de cote entre les niveaux du fluide des cotés aspiration et refoulement. Si la conduite de refoulement arrive au-dessus du niveau du liquide, on se réfère au centre de la section de sortie.
- $\frac{(P_a - P_e)}{(\rho g)}$  : différence de hauteur manométrique au-dessus des niveaux du fluide coté aspiration et coté refoulement, dans le cas d'un réservoir fermé au moins.
- $\frac{(V_a^2 - V_e^2)}{2g}$  : différence entre les hauteurs dynamiques dans les réservoirs.

Dans le cas d'un écoulement réel, il faut ajouter à ces composantes les pertes par frottement (pertes de charge) :

- $\sum H_v$  : est la somme de toutes les pertes de charge linéaires et singulières (résistance à l'écoulement dans les tuyauteries, robinetteries, raccords de tuyauteries, ....etc.).

La hauteur totale,  $H_A$ , de l'installation est calculée à partir de ces quatre composantes :

$$H_A = H_{\text{géo}} + \frac{(P_a - P_e)}{\rho g} + \frac{(V_a^2 - V_e^2)}{2g} + \sum H_v \quad (\text{III.26})$$

Avec :

- $\rho$  : Masse volumique, en [kg/m<sup>3</sup>] ;
- $g$  : Accélération de la pesanteur, en [m/s<sup>2</sup>].

En pratique, la différence des hauteurs dynamiques est souvent négligée. L'équation se simplifie alors :

- Dans le cas d'un réservoir fermé :

$$H_A = H_{\text{géo}} + \frac{(p_a - p_e)}{\rho g} + \sum H_V \quad (\text{III.27})$$

- Dans le cas d'un réservoir ouvert :

$$H_A \approx H_{\text{géo}} + \sum H_V \quad (\text{III.28})$$

### III.6.9 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 (Q), la hauteur manométrique totale ( $H_A$ ).

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 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, ensuite on a présenté les différentes caractéristiques d'une installation de pompage et la méthode du choix de la pompe.

# ***CHAPITRE IV***

## ***Programme informatique et résultats des calculs***

**Introduction**

Dans ce présent chapitre, nous allons aborder les calculs hydrauliques où il sera question d'élaborer un programme informatique pour l'équilibrage du réseau, le calcul des pertes de charge, calcul de la hauteur manométrique totale, détermination du point de fonctionnement de la pompe et ces différentes caractéristiques.

**IV.1 Programme informatique**

Comme nous l'avons déjà précisé, l'informatisation de la méthode de Hardy-Cross est primordiale dans le présent travail. A l'aide du langage de programmation JAVA, qui permet de décrire d'une part les structures des données qui seront manipulées par l'appareil informatique, d'autre part, d'indiquer comment sont effectuées les manipulations et selon quels algorithmes. Nous avons pu élaborer un programme informatique basé sur cette méthode et faisant particulièrement appel à la formule de Hazan-Williams. Ce programme détermine la répartition exacte des débits dans chaque tronçon quelle que soit la complexité du réseau maillé, tout en calculant les pertes de charge et les vitesses d'écoulement dans chaque tronçon du réseau.

**IV.1.1 Choix du langage de programmation**

Nous avons préféré le langage de programmation JAVA à tous les autres du fait de sa simplicité d'utilisation, car contrairement aux autres langages comme le C et MATLAB, il est destiné aux programmeurs non-initiés.

Il offre, notamment, un grand nombre de fonctions mathématiques, directement accessibles, facile à utiliser et primordiales au bon fonctionnement de notre programme.

JAVA nous permet de créer notre propre interface pour le programme et nous donne, ainsi, la liberté de jongler avec les paramètres d'entrée et de sortie.

Le langage, en lui-même, est très facile à manipuler et à comprendre et ce grâce à son analyse syntaxique et lexicale en temps réel, l'utilisateur évite systématiquement les erreurs de toutes sortes.

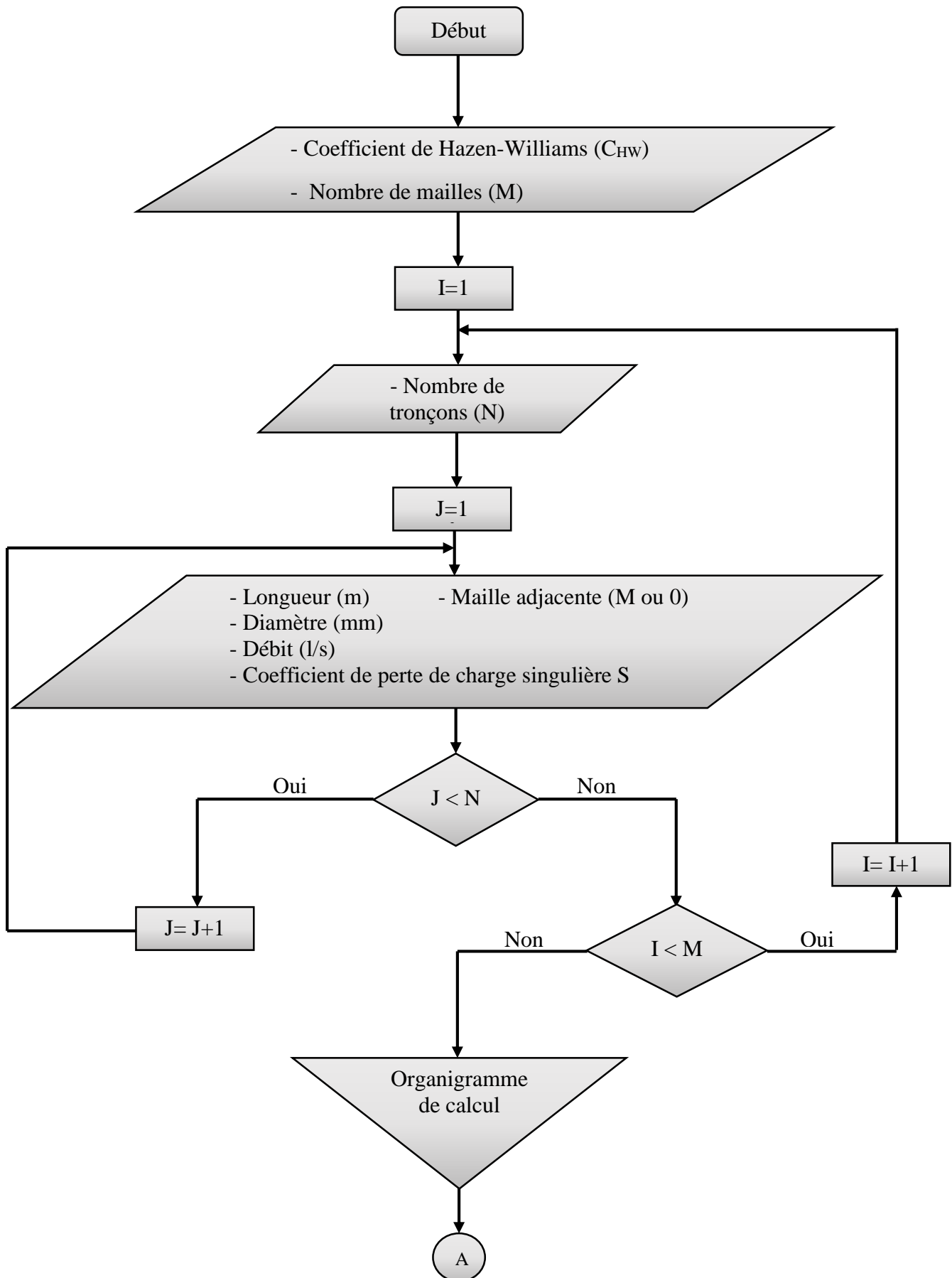
**IV.1.2 Organigramme du programme informatique de la méthode de Hardy-Cross**

La programmation de la méthode de Hardy-Cross a été réalisée au sein de trois modules :

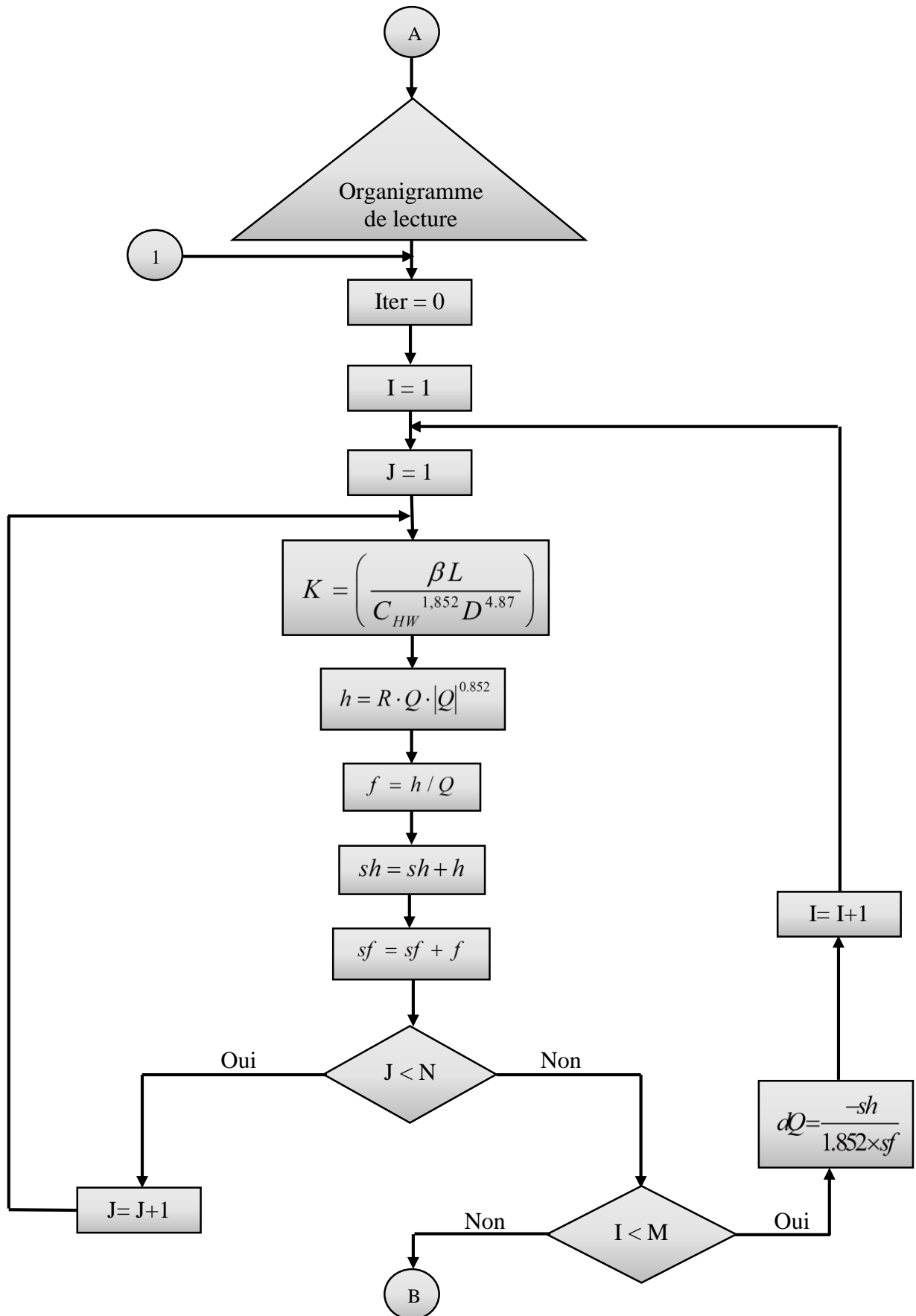
- module de lecture des données ;
- module des calculs ;
- module d'affichage des résultats.

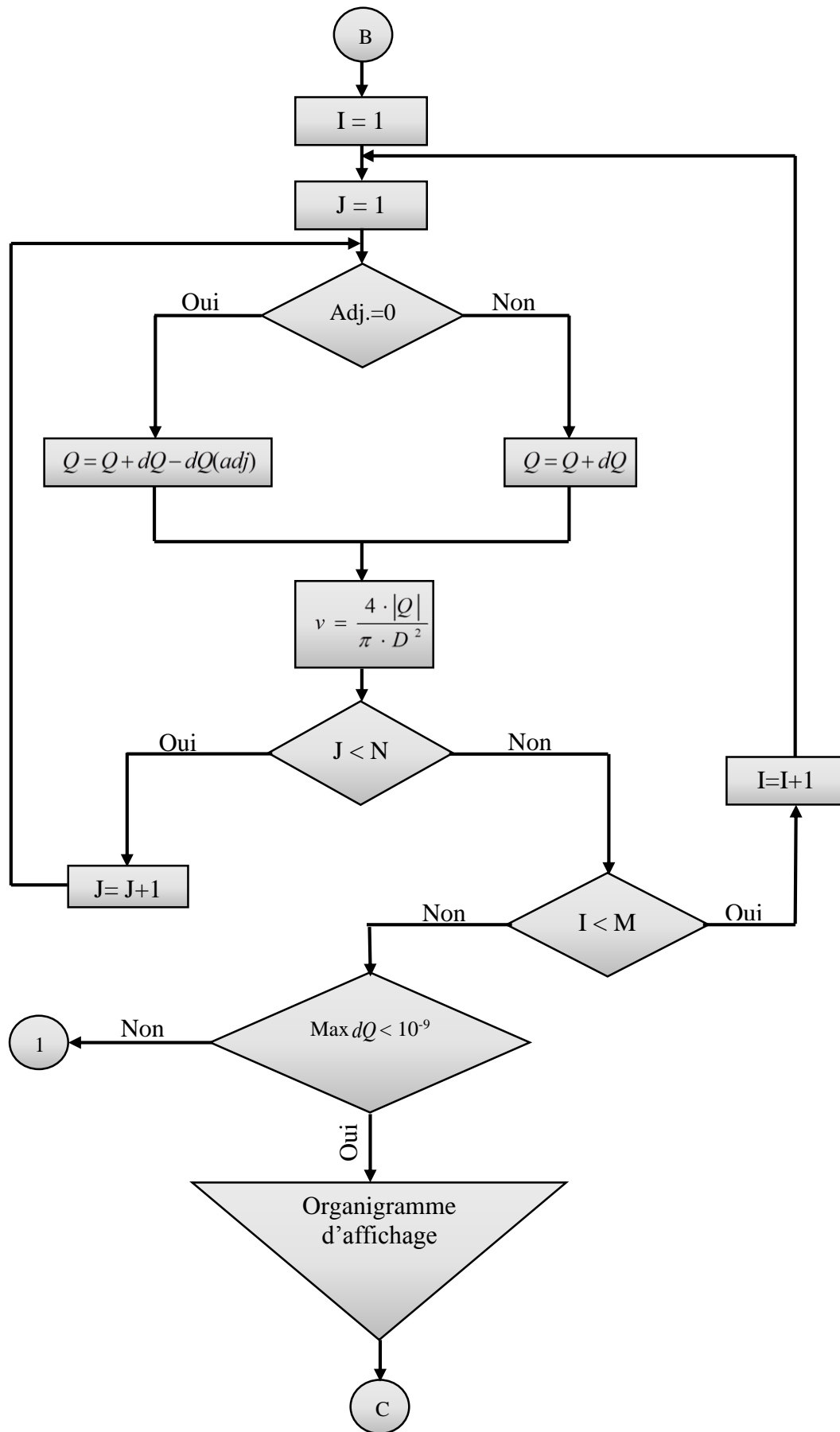
Nous donnerons, ci-après, les organigrammes de ces trois modules.

## IV.1.2.1 Organigramme de lecture des données

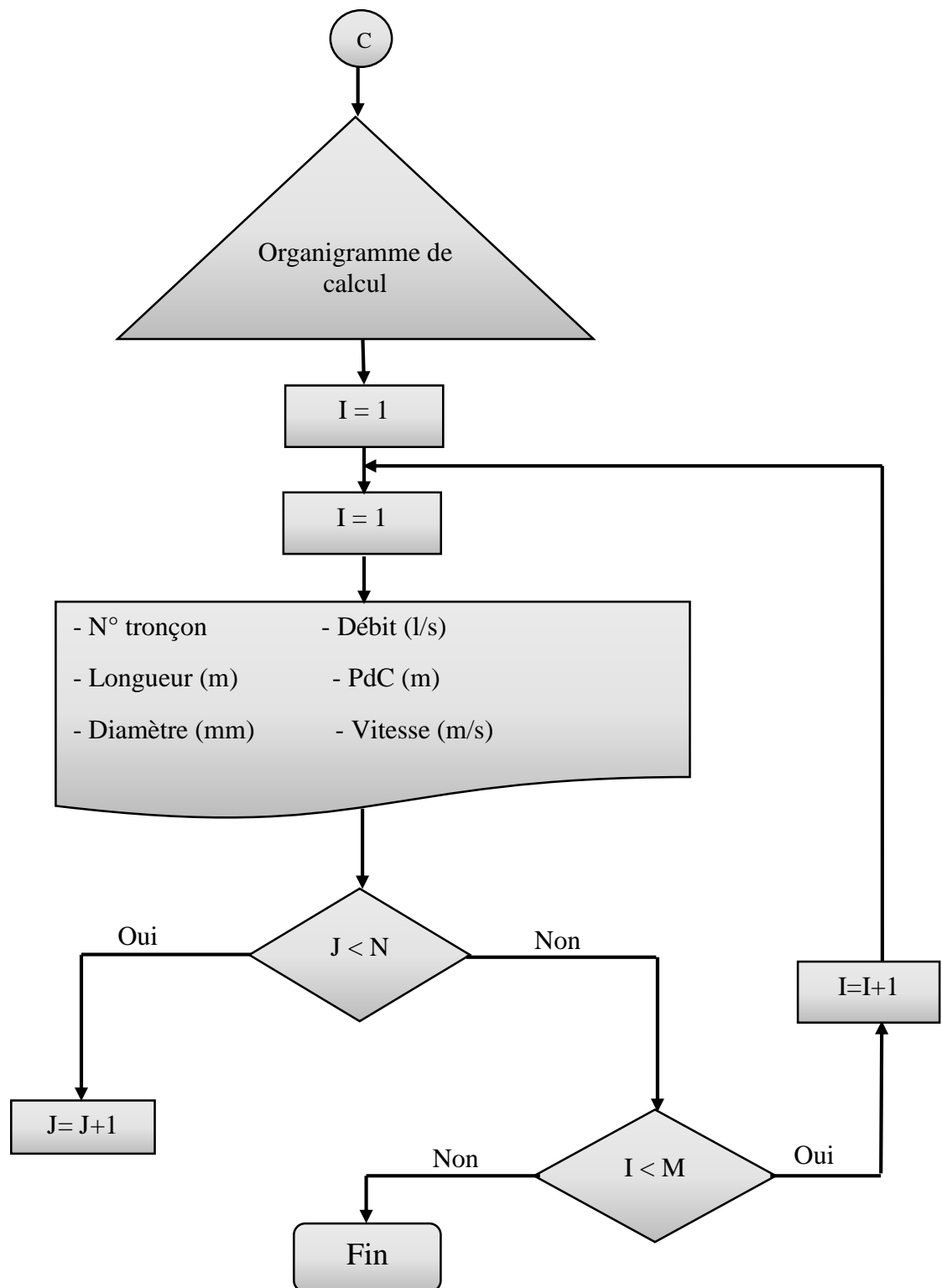


## IV.1.2.2 Organigramme de calcul





## IV.1.2.3 Organigramme d'affichage



Avec :

I : Représente le nombre de maille

J : Représente le nombre de tronçon

### IV.1.3 Mode d'emploi du programme

Pour l'utilisation de ce programme il faut :

- Introduire le nombre de maille ;
- Introduire le coefficient de Hazen-Williams  $C_{HW}$  ;
- Introduire les caractéristiques géométriques : longueur et diamètre ;
- Introduire les valeurs initiales des débits avec signe, arbitrairement répartis dans le réseau ;
- Dans le cas d'un tronçon commun à deux mailles, il y'a lieu de préciser le numéro de la maille adjacente ;
- La prise en charge des pertes de charge singulières se fait sous forme d'une majoration de 10 à 20% des pertes de charge linéaires dans chaque tronçon. Ceci revient à introduire un coefficient de 1,1 ou 1,2.

Pour faciliter l'utilisation du programme, nous avons pu élaborer une interface qui permet la saisie des données et l'affichage des résultats. Les fenêtres correspondantes sont représentées dans la figure suivante :

The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:**
  - UNIVERSITE ABDERRAHMANE-MIRA
  - DEPARTEMENT
  - GENIE MECANIQUE
  - OPTION ENERGETIQUE
  - KHOUGHANE MAHFOUD
  - CHERIFI NASSIM
  - EQUILIBRAGE DES RESEAUX MAILLES
  - PAR LA METHODE
  - HARDY-CROSS
- Main Input Area (ENREGISTREMENT DES TRANCONS):**
  - NOMBRE DE MAILLE:
  - CHW:
  - NUM MAILLE:
  - NUM TRC:
  - LONGUEUR:
  - DIAMETRE:
  - DEBIT:
  - NUM MAILLE ADJASENTE:
  - COEF PERTE DE CHARGE S:
  - Buttons: ENREGISTRER, CALCULER, and a checkbox for DEBLOQUER.
- Results Display Area (AFFICHAGE):**
  - DIAMETRE (mm)
  - DEBIT (l/s)
  - PERTE DE CHARGE (m)
  - VITESSE (m/s)

**Figure IV.1** : Interface du programme informatique

## IV.2 Validation de la méthode de calcul

Nous avons validé la méthode de calcul ainsi que notre programme par comparaison avec des résultats tirés de la littérature. En effet l'ouvrage [12] traite manuellement le cas d'un réseau à trois mailles dont les caractéristiques et le schéma sont présentés ci-dessous. Nous avons introduit les données du même réseau dans notre programme et avons procédé par la suite à la comparaison de nos résultats avec ceux trouvés dans l'ouvrage en question.

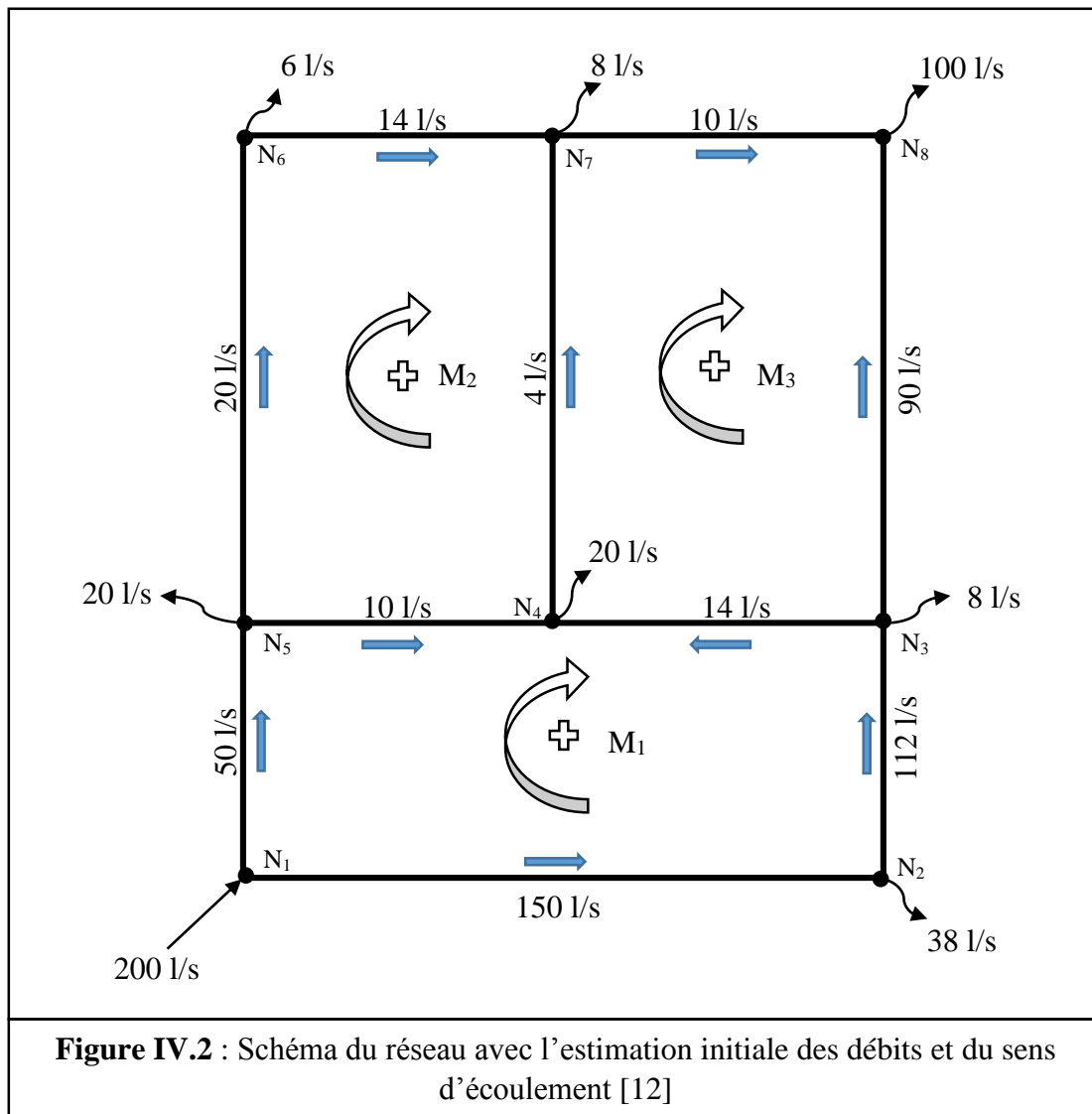
### IV.2.1 Exemple de validation

Le tableau suivant présente les caractéristiques géométriques de chacun des tronçons du réseau, et leur coefficient de Hazan-Williams ( $C_{HW}$ )

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Coefficient $C_{HW}$
$N_1 - N_2$	300	255	120
$N_1 - N_5$	150	255	120
$N_2 - N_3$	150	255	120
$N_3 - N_4$	150	150	120
$N_4 - N_5$	150	150	120
$N_5 - N_6$	300	205	120
$N_6 - N_7$	150	205	120
$N_7 - N_4$	300	205	120
$N_7 - N_8$	150	205	120
$N_8 - N_3$	300	205	120

**Tableau IV.1** : Caractéristiques des tronçons du réseau [12]

L'estimation initiale des débits et du sens de leur écoulement sont illustrés dans la figure suivante :



### IV.2.2 Résultats du calcul et comparaison

Nous présentons, dans le tableau suivant, une comparaison de nos résultats avec ceux de la référence [12]. Cette comparaison, pour chaque tronçon, est faite au point de vue du débit final et de la perte de charge correspondante.

M	Conduite	L (m)	D (mm)	Débit calculé (l/s)	Débit donné par [12] (l/s)	Perte de charge calculée (m)	Perte de charge donnée par [12] (m)
1	N <sub>1</sub> - N <sub>2</sub>	300	255	-101	-101	-5,04	-5,03
	N <sub>2</sub> - N <sub>3</sub>	150	255	-63	-63	-1,06	-1,05
	N <sub>3</sub> - N <sub>4</sub>	150	150	-8,88	-9	-0,37	-0,38
	N <sub>4</sub> - N <sub>5</sub>	150	150	32	32	4,03	3,97
	N <sub>5</sub> - N <sub>1</sub>	150	255	98,7	99	2,41	2,42
2	N <sub>5</sub> - N <sub>6</sub>	300	205	46	47	3,45	3,53
	N <sub>6</sub> - N <sub>7</sub>	150	205	40,4	41	1,33	1,35
	N <sub>7</sub> - N <sub>4</sub>	300	205	-21	-20	-0,80	-0,73
	N <sub>4</sub> - N <sub>5</sub>	150	150	-32	-32	-4,03	-3,97
3	N <sub>4</sub> - N <sub>7</sub>	300	205	21	20	0,80	0,73
	N <sub>7</sub> - N <sub>8</sub>	150	205	53,57	54	2,26	2,28
	N <sub>8</sub> - N <sub>3</sub>	300	205	-46	-46	-3,45	-3,39
	N <sub>3</sub> - N <sub>4</sub>	150	150	8,88	9	0,37	0,38

Tableau IV.2 : Comparaison des résultats du calcul avec ceux de la référence [12]

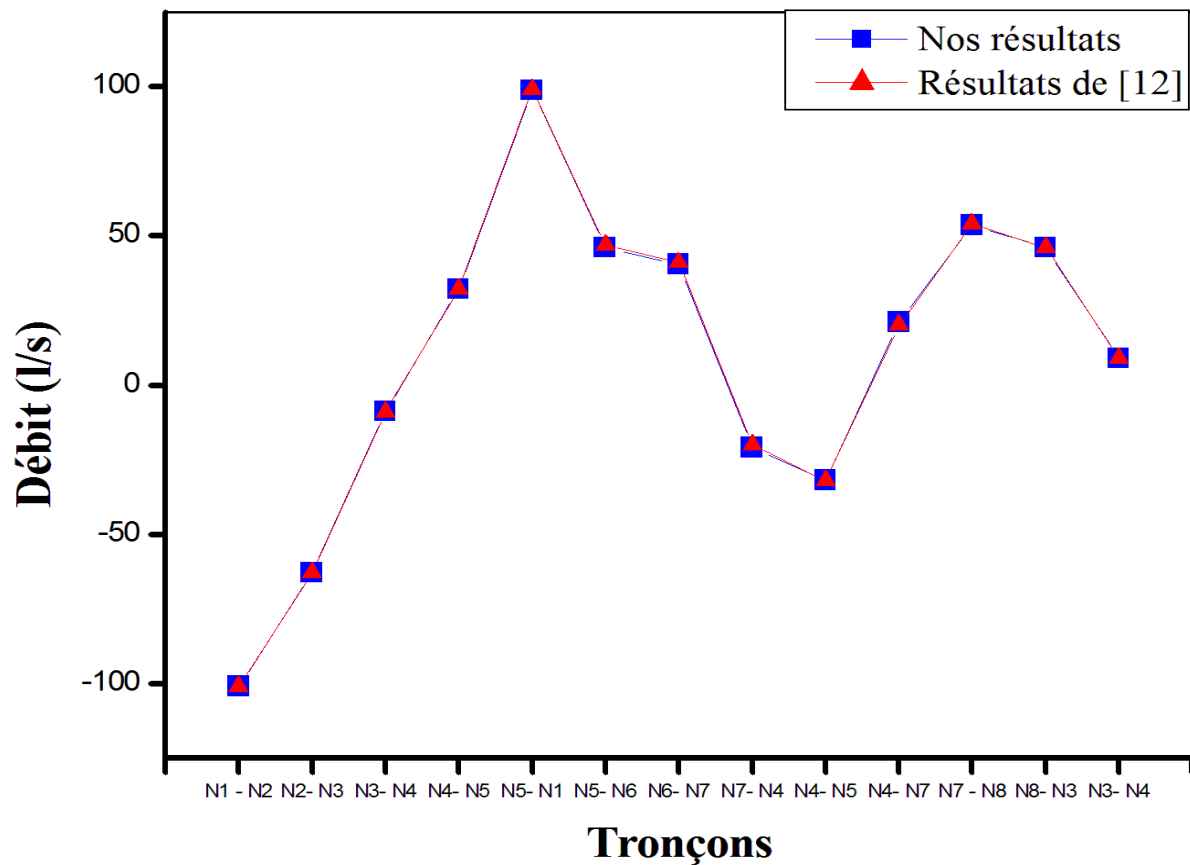
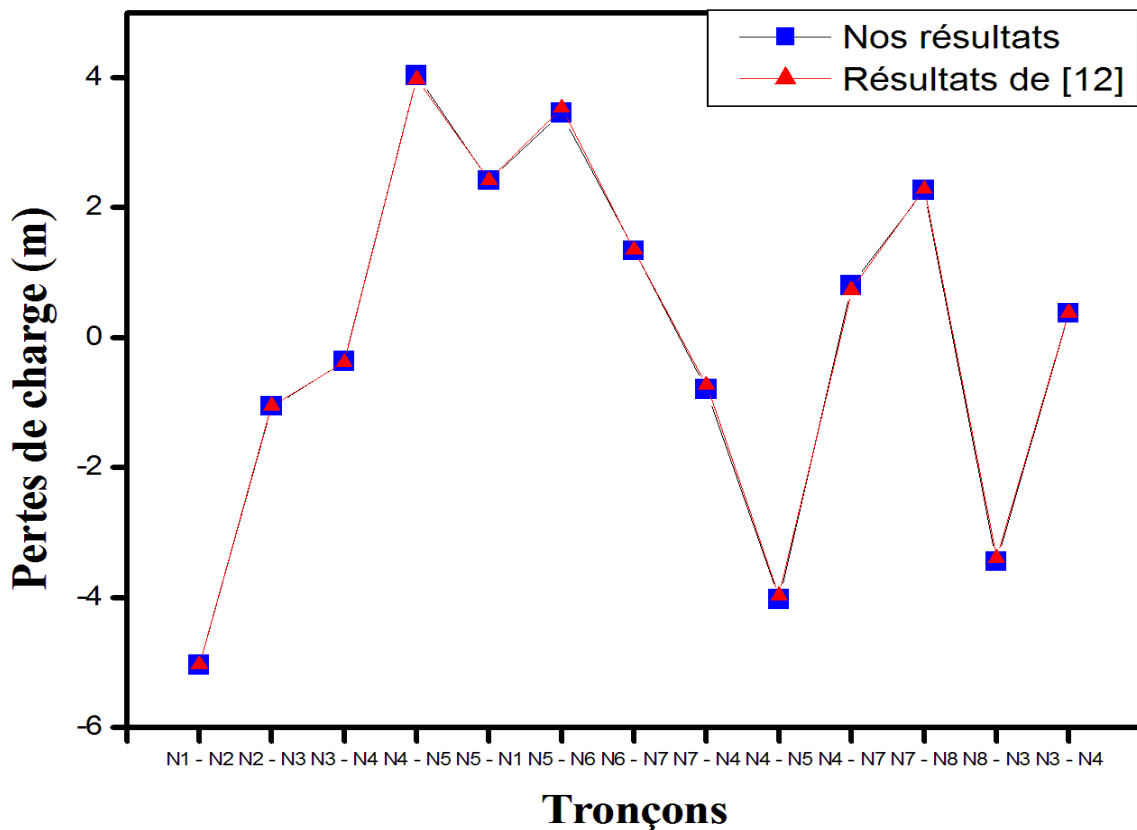


Figure IV.3 : Graphe de comparaison entre les débits



**Figure IV.4 :** Graphe de comparaison entre les pertes de charge

#### IV.2.3 Commentaires

Nous avons comparé nos résultats à ceux de la référence [12] avec le même niveau de précision à savoir une correction de débit de  $10^{-3}$ . Les résultats de cette comparaison sont représentés dans les figures IV.3 et IV.4 ci-dessus, il apparaît, donc, une très bonne concordance entre nos résultats et ceux de la référence citée. De ce fait, nous pouvons considérer que la méthode proposée pour la correction des débits, le calcul des pertes de charge qui s'en suit ainsi que notre programme basé sur cette méthode, sont amplement validés.

Notre programme peut alors être utilisé de manière plus poussée c'est-à-dire avec une meilleure précision sur le débit à savoir  $10^{-9}$ .

#### IV.3 Calcul des besoins en eau

La détermination des besoins en eau est intimement liée au scénario d'incendie probable. Nous avons choisi, en concertation avec notre encadreur à Sonatrach, de travailler dans l'hypothèse qu'un incendie se développe au niveau du joint annulaire d'un réservoir de pétrole. A partir de ce scénario nous avons pu évaluer les besoins critiques en eau pour chacune des deux zones (sud et nord), en optant pour le cas le plus défavorable.

## IV.3.1 Calcul des besoins en eau pour la zone sud

## IV.3.1.1 Extinction du Réservoir N14

## ➤ Données et caractéristiques du réservoir

Diamètre intérieur du réservoir :	$D_i = 66,4 \text{ m} ;$
Diamètre extérieur du réservoir :	$D_e = 68 \text{ m} ;$
Largeur du joint annulaire :	$E = 0,8 \text{ m} ;$
Taux d'application du prémélange [10] :	$T = 12,2 \text{ l/min.m}^2 ;$
Concentration d'eau dans le prémélange :	$C_e = 94 \% .$

D'où :

Le débit d'eau nécessaire pour l'extinction du réservoir N14 est :

$$Q_{E_{N14}} = \left( T \times \frac{\pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) \right) \times C_e = 12,2 \times \frac{\pi}{4} \times (68^2 - 66,4^2) \times 0,94 = 1936,854 \text{ l/min}$$

Donc :  $Q_{E_{N14}} = 33 \text{ l/s}$

Avec :

$Q_{E_{N14}}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour l'extinction du bac N14.

## IV.3.1.2 Refroidissement du réservoir N14

Comme nous l'avons déjà précisé, le taux d'application d'eau pour le refroidissement est d'après la spécification de la norme NFPA 15 de  $T' = 15 \text{ l/min.m}$ . Sachant que le périmètre du réservoir est donné par  $P = \pi D_e$ .

Donc le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de ce réservoir est :

$$Q_{R_{N14}} = T' \times P = T' \times \pi D_e = 15 \times \pi \times 68 = 3204,425 \text{ l/min}$$

Donc  $Q_{R_{N14}} = 54 \text{ l/s}$

Avec :

$Q_{R_{N14}}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de la circonférence total du bac N14.

Autour de cette circonférence sont disposés les diffuseurs (sprinklers), qui doivent individuellement garantir une couverture de 1,5 m. Nous pouvons, alors, déduire le nombre de diffuseurs à installer autour du réservoir. [9]

$$N_s = \frac{P}{1,5} = \frac{213,628}{1,5} = 142,42$$

Nous prenons un nombre pair de diffuseurs :  $N_s = 144$  diffuseurs, ce qui donne une distribution par diffuseur de  $Q_d = \frac{Q_{R_{N14}}}{144} = 22.25$  l/min.

Comme chaque diffuseur est caractérisé par son coefficient  $K$  tel que  $K = \frac{Q_d}{\sqrt{P}}$ , nous pouvons déduire la pression à la sortie de ce dernier, en posant  $K = 8$  et qui est :

$$P = \frac{Q_d^2}{K^2} = \frac{22.25^2}{8^2} = 7.73 \Rightarrow P = 8 \text{ bar}$$

Avec :

$N_s$  : Représente le nombre de diffuseur à installer autour des réservoirs de la zone sud ;

$Q_d$  : Représente le débit par diffuseur ;

$P$  : Représente la pression de service par diffuseur.

#### IV.3.1.3 Refroidissement des réservoirs R13, P21 et M20

Le taux d'application d'eau est tiré de la norme NFPA 15 qui est de  $T' = 15$  l/min.m [9], et comme les trois réservoirs présentent les mêmes caractéristiques géométriques, donc, le débit de refroidissement sera le même pour les trois bacs sachant que cette fois le refroidissement s'appliquera juste pour un tiers de la circonférence du bac, (face impacté par le flux thermique émis par le bac en feu).

$$Q = (T' \times P) \times \frac{1}{3} = (T' \times \pi D_e) \times \frac{1}{3} = (15 \times \pi \times 68) \times \frac{1}{3} = 1068.142 \text{ l/min}$$

D'où :  $Q = Q_{R13} = Q_{P21} = Q_{M20} = 18 \text{ l/s}$

Comme la demande en eau est déterminée pour chaque installation, de ce fait, nous pouvons calculer le débit d'eau total nécessaire pour l'extinction et le refroidissement du scénario le plus pénalisant en termes de consommation hydrique de la zone sud et qui représente la somme des débits de chaque installation, en rajoutant le débit de deux lances monitors, nous aurons donc :

$$Q_{T_{Sud}} = Q_{E_{N14}} + Q_{R_{N14}} + Q_{R13} + Q_{P21} + Q_{M20} + (2Q_l) = 209 \text{ l/s}$$

Avec :

$Q_{T_{Sud}}$  : Représente le débit d'eau total pour la zone sud ;

$Q_{R13}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement d'un tiers de la circonférence du bac R13 ;

$Q_{P21}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement d'un tiers de la circonférence du bac P21 ;

$Q_{M20}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement d'un tiers de la circonférence du bac M20 ;

$Q_l$  : Représente le débit d'un lance monitor qui est de 34 l/s.

Le calcul a été réalisé à l'aide d'un fichier Excel ci-joint en annexe (C).

### IV.3.2 Calcul des besoins en eau pour la zone nord

#### IV.3.2.1 Extinction du Réservoir 4C9

##### ➤ Données et caractéristiques du réservoir

Diamètre intérieur du réservoir :	$D_i = 54,4 \text{ m}$ ;
Diamètre extérieur du réservoir :	$D_e = 56 \text{ m}$ ;
Largeur du joint annulaire :	$E = 0,8 \text{ m}$ ;
Taux d'application du prémélange [10] :	$T = 12,2 \text{ l/min.m}^2$ ;
Concentration d'eau dans le prémélange :	$C_e = 94 \%$ .

D'où :

Le débit d'eau nécessaire pour l'extinction du réservoir 4C9 est :

$$Q_{E_{4C9}} = \left( T \times \frac{\pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) \right) \times C_e = 12,2 \times \frac{\pi}{4} \times (56^2 - 54,4^2) \times 0,94 = 1590,987 \text{ l/min}$$

$$Q_{E_{4C9}} = 27 \text{ l/s}$$

Avec :

$Q_{E_{4C9}}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour l'extinction du bac 4C9.

#### IV.3.2.2 Refroidissement du réservoir 4C9

Comme nous l'avons déjà précisé, le taux d'application d'eau pour le refroidissement est d'après la spécification de la norme NFPA 15 qui est de 15 l/min.m [9]. Sachant que le périmètre du réservoir est donné par  $P = \pi D_e$ .

Donc le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de ce réservoir est :

$$Q_{R_{4C9}} = T' \times P = T' \times \pi D_e = 15 \times \pi \times 56 = 2638,938 \text{ l/min}$$

Donc  $Q_{R_{4C9}} = 44 \text{ l/s}$

Avec :

$Q_{R_{4C9}}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement de la circonférence total du bac 4C9.

Autour de cette circonférence sont disposés les diffuseurs (sprinklers), qui doivent individuellement garantir une couverture de 1,5 m. Nous pouvons, alors, déduire le nombre de diffuseurs à installer autour du réservoir.

$$N'_s = \frac{P}{1,5} = \frac{175,929}{1,5} = 117,286$$

Nous prenons un nombre pair de diffuseurs :  $N_s = 118$  diffuseurs, ce qui donne une distribution par

diffuseur de  $Q_d = \frac{Q_{R_{4C9}}}{118} = 22,36 \text{ l/min.}$

Comme chaque diffuseur est caractérisé par son coefficient  $K$  tel que  $K = \frac{Q_d}{\sqrt{P}}$ , nous pouvons déduire la pression à la sortie des diffuseurs, en posant  $K = 8$  et qui est :

$$P = \frac{Q_d^2}{K^2} = \frac{22,36^2}{8^2} = 7,81 \Rightarrow P = 8 \text{ bar}$$

Avec :

$N'_s$  : Représente le nombre de diffuseur à installer autour des réservoirs de la zone nord ;

$Q_d$  : Représente le débit par diffuseur ;

$P$  : Représente la pression de service par diffuseur.

#### IV.3.2.3 Refroidissement des réservoirs 4D10 et 4A8

Le taux d'application d'eau est tiré de la norme NFPA 15, qui est de  $T'=15 \text{ l/min.m}$  [9], et comme les trois réservoirs présentent les mêmes caractéristiques géométriques, donc le débit de refroidissement sera le même pour les trois bacs sachant que cette fois le refroidissement s'appliquera juste pour un tiers de la circonférence du bac face impacté par le flux thermique émis par le bac en feu (4C9)

$$Q = (T' \times P) \times \frac{1}{3} = (T' \times \pi D_e) \times \frac{1}{3} = (15 \times \pi \times 68) \times \frac{1}{3} = 879,646 \text{ l/min}$$

D'où :

$$Q = Q_{4D10} = Q_{4A8} = 15 \text{ l/s}$$

Comme la demande en eau est déterminée pour chaque installation, donc, nous pouvons calculer le débit d'eau total nécessaire pour l'extinction et le refroidissement du scénario le plus

pénalisent en termes de consommation hydrique de la zone nord et qui représente la somme des débits de chaque installation en rajoutant le débit de deux lances monitors, nous aurons donc :

$$Q_{T_{Nord}} = Q_{E_{4C9}} + Q_{R_{4C9}} + Q_{4D10} + Q_{4A8} + (2Q_l) = 169 \text{ l/s}$$

Avec :

$Q_{T_{Nord}}$  : Représente le débit d'eau total pour la zone nord ;

$Q_{4D10}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement d'un tiers de la circonférence du bac 4D10 ;

$Q_{4A8}$  : Représente le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement d'un tiers de la circonférence du bac 4A8 ;

$Q_l$  : Représente le débit d'un lance monitor qui est de 120 l/min.

Le calcul a été réalisé à l'aide d'un fichier Excel joint en annexe (D).

Après avoir calculé les débits pour chacune des deux zones sud et nord, le débit d'eau dimensionnant retenu est égal au maximum des deux débits.

D'où :  $Q_{T_{Sud}} \succ Q_{T_{Nord}} \Rightarrow Q_{\max} = 209 \text{ l/s}$

Où  $Q_{e_{\max}} = 752,4 \text{ m}^3/\text{h}$

### IV.3.3 Réserve d'eau

La réserve d'eau nécessaire pour assurer une autonomie de lutte contre l'incendie par les moyens propres à l'installation, et suivant la spécification Sonatrach le temps d'autonomie,  $t = 12$  heures, donc, le volume d'eau nécessaire pour l'extinction et le refroidissement se déduit comme suit :

$$V_{\min} = Q_{\max} \times t = 752,4 \times 12 = 9028,8 \text{ m}^3$$

$$V = 9100 \text{ m}^3$$

### IV.4 Répartition des débits et calcul des pertes de charge

Le débit de chacune des deux zones étant calculé, une vérification des pertes de charge dans le réseau sera effectuée à l'aide du programme informatique. Puisque les deux zones (sud et nord) sont séparées hydrauliquement, la répartition des débits et le calcul des pertes de charge se feront pour chaque zone séparément.

Le schéma du réseau du site est joint en annexe (E).

## IV.4.1 Zone sud

Le tableau suivant représente les caractéristiques géométriques de chacun des tronçons du réseau de la zone sud, en associant à chaque tronçon le numéro de la maille adjacente.

Maille	Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit initial (l/s)	Maille adjacente
<b>I</b>	1	142	200	40	-
	2	143	200	40	-
	3	25	200	40	-
	4	58	200	-20	II
	5	142	200	-84	IV
	6	17	200	-169	-
<b>II</b>	1	58	200	20	I
	2	140	200	60	-
	3	156	200	23	III
	4	67	200	-31	III
	5	157	200	-64	IV
<b>III</b>	1	4	200	37	-
	2	111	200	37	-
	3	234	200	3	-
	4	84	200	51	-
	5	70	200	33	-
	6	54	200	-48	-
	7	49	200	-82	-
	8	28	200	-100	-
	9	197	200	-100	-
	10	67	200	31	II
	11	156	200	-23	II
<b>IV</b>	1	174	200	-85	-
	2	143	200	84	I
	3	157	200	64	II
	4	9	200	-67	-
	5	72	200	-67	-

**Tableau IV.3 :** Caractéristiques des tronçons de chaque maille du réseau de la zone sud

**Remarque**

Le diamètre des conduites est fixé à 200 mm (8'') suivant la spécification de la norme NFPA 15, une correction sera effectuée sur ces diamètres, si la vitesse d'écoulement dépasse les 3 m/s, dans le but de réduire les pertes de charge dans le réseau. [9]

La répartition initiale des débits dans le réseau de la zone sud ainsi que leur sens d'écoulement sont illustrés dans le schéma d'ossature ci-après.

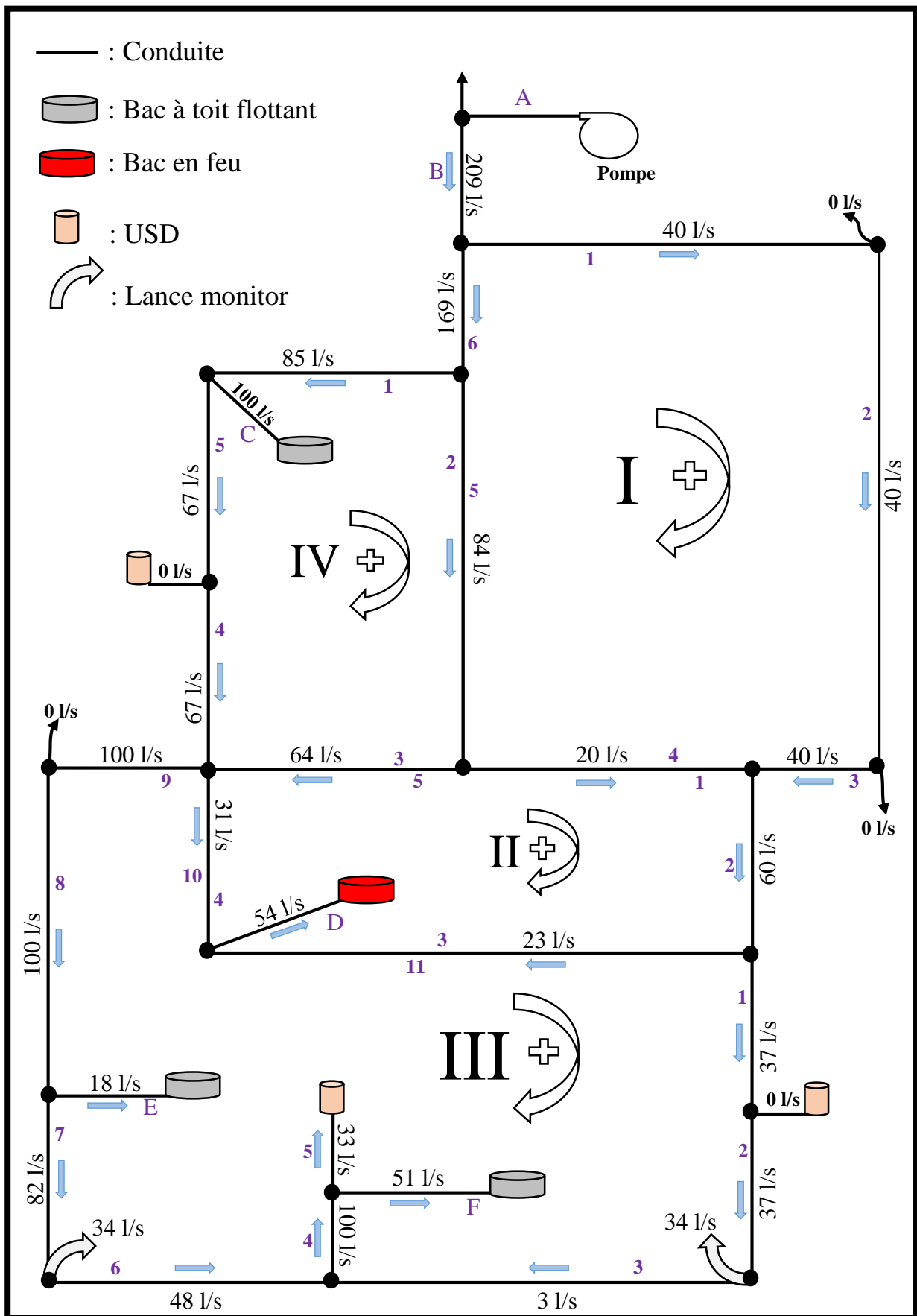


Figure IV.5 : Répartition initiale des débits ainsi que leurs sens d'écoulement de la zone sud

## IV.4.1.1 Résultats du calcul

En posant le coefficient des pertes de charge singulière  $S=1,1$  et comme le calcul de ces pertes se fait pour des conduites neuves en acier noir au carbone, le coefficient de Hazen-Williams est par conséquent  $C_{HW}=120$  [9]. Le traitement hydraulique du réseau est réalisé à l'aide de notre programme ; les résultats qui en sont issus sont présentés dans le tableau qui suit :

Maille	Tronçon	Débit initial (l/s)	Débit corrigé (l/s)	Pertes de charge (m)	Vitesse (m/s)
<b>I</b>	1	40	58.768	3.133	1.870
	2	40	58.768	3.155	1.870
	3	40	58.768	0.551	1.870
	4	-20	-12.575	-0.073	0.400
	5	-84	-72.590	-4.632	2.310
	6	-169	-150.231	-2.133	<b>4.782</b>
<b>II</b>	1	20	12.575	0.073	0.400
	2	60	71.344	4.423	2.270
	3	23	7.255	0.071	0.230
	4	-31	-46.744	-0.967	1.487
	5	-64	-60.014	-3.601	1.910
<b>III</b>	1	37	64.089	0.103	2.040
	2	37	64.089	2.875	2.040
	3	3	30.089	1.494	0.957
	4	51	64.089	2.176	2.040
	5	33	46.089	0.984	1.467
	6	-48	-20.910	-0.175	0.665
	7	-82	-54.910	-0.953	1.747
	8	-100	-72.910	-0.921	2.320
	9	-100	-72.910	-6.479	2.320
	10	31	46.744	0.967	1.487
	11	-23	-7.255	-0.071	0.230
<b>IV</b>	1	-85	-77.64	-6.430	2.471
	2	84	72.590	4.665	2.310
	3	64	60.014	3.601	1.910
	4	-67	-59.641	-0.204	1.898
	5	-67	-59.641	-1.632	1.898

Tableau IV.4 : Résultats du calcul pour la zone sud

## IV.4.1.2 Discussions

A partir de ces résultats, nous pouvons constater que la vitesse d'écoulement dans le tronçon (6) de la maille (I) est très élevée comparativement à ce qu'exige la norme NFPA 15 [9]. Une correction du diamètre de ce tronçon s'impose. Puisque la vitesse et le diamètre sont reliés par la

relation du débit  $Q = V \frac{\pi D^2}{4}$ , une augmentation du diamètre sera la solution pour la diminution de cette vitesse.

Après correction du diamètre du tronçon concerné, c'est-à-dire en posant  $D=300$  mm.

Les résultats finaux sont représentés dans le tableau suivant :

Maille	Tronçon	Débit initial (l/s)	Débit corrigé (l/s)	Pertes de charge (m)	Vitesse (m/s)
<b>I</b>	1	40	52.623	2.553	1.675
	2	40	52.623	2.571	1.675
	3	40	52.623	0.449	1.675
	4	-20	-17.126	-0.130	0.545
	5	-84	-76.658	-5.161	2.44
	6	-169	-156.376	-0.318	<b>2.212</b>
<b>II</b>	1	20	17.126	0.130	0.545
	2	60	69.750	4.242	2.220
	3	23	8.492	0.095	0.270
	4	-31	-45.507	-0.920	1.448
	5	-64	-59.531	-3.547	1.894
<b>III</b>	1	37	61.257	0.095	1.949
	2	37	61.257	2.644	1.949
	3	3	27.257	1.244	0.867
	4	51	75.257	2.929	2.395
	5	33	57.257	1.471	1.822
	6	-48	-23.742	-0.222	0.755
	7	-82	-57.742	-1.046	1.837
	8	-100	-75.742	-0.988	2.410
	9	-100	-75.742	-6.953	2.410
	10	31	45.507	0.92	1.448
	11	-23	-8.492	-0.095	0.27
<b>IV</b>	1	-85	-79.717	-6.752	2.537
	2	84	76.658	5.161	2.440
	3	64	59.531	3.547	1.894
	4	-67	-61.717	-0.217	1.964
	5	-67	-61.717	-1.739	1.964

**Tableau IV.5** : Résultats finaux du calcul pour la zone sud

Comme nous pouvons le constater les résultats des vitesses sont bien au-dessous de ceux exigés par la norme NFPA 15 [9], ce qui signifie que les diamètres proposés conviennent aux conduites de ce réseau.

## IV.4.2 Zone nord

Le tableau suivant représente les caractéristiques géométriques de chacun des tronçons du réseau de la zone nord, en associant à chaque tronçon le numéro de la maille adjacente :

Maille	Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit initial (l/s)	Maille adjacente
I	1	59	200	85	-
	2	100	200	10	II
	3	133	200	-10	VII
	4	50	200	-84	-
II	1	78	200	75	-
	2	24	200	75	-
	3	56	200	75	III
	4	11	200	37	III
	5	23	200	37	III
	6	30	200	37	IV
	7	244	200	-21	IV
	8	131	200	-48	VII
	9	76	200	-20	VII
	10	93	200	-20	I
	11	100	200	-10	-
III	1	183	200	38	-
	2	129	200	38	-
	3	70	200	-58	IV
	4	30	200	-37	II
	5	23	200	-37	II
	6	11	200	-37	II
IV	1	70	200	58	III
	2	97	200	96	-
	3	208	200	96	-
	4	165	200	81	-
	5	88	200	37	-
	6	141	200	3	-
	7	61	200	-12	-
	8	95	200	-27	V
	9	154	200	28	VII
	10	131	200	48	II
	11	244	200	21	II
V	1	100	200	18	VI
	2	206	200	55	VII
	3	18	200	55	VII
	4	20	200	55	VII
	5	95	200	27	IV
	6	53	200	-19	-
	7	260	200	-19	-
	8	66	200	-19	-

VI	1	174	200	-37	-
	2	29	200	-37	-
	3	37	200	37	VII
	4	14	200	37	VII
	5	100	200	-18	V
	6	115	200	-37	-
VII	1	58	200	-74	-
	2	106	200	-74	-
	3	133	200	10	I
	4	93	200	20	II
	5	76	200	20	II
	6	154	200	-28	IV
	7	20	200	-55	V
	8	18	200	-55	V
	9	206	200	-55	V
	10	14	200	-37	VI
	11	37	200	-37	VI

**Tableau IV.6 :** Caractéristique des tronçons de chaque maille du réseau de la zone nord

### Remarque

Le diamètre des conduites est fixé à 200 mm (8'') suivant la spécification de la norme NFPA 15 [9], une correction sera effectuée sur ces diamètres, si la vitesse d'écoulement dépasse les 3 m/s, dans le but de réduire les pertes de charge dans le réseau.

La répartition initiale des débits dans le réseau de la zone nord ainsi que leur sens d'écoulement sont illustrés dans le schéma d'ossature ci-après.

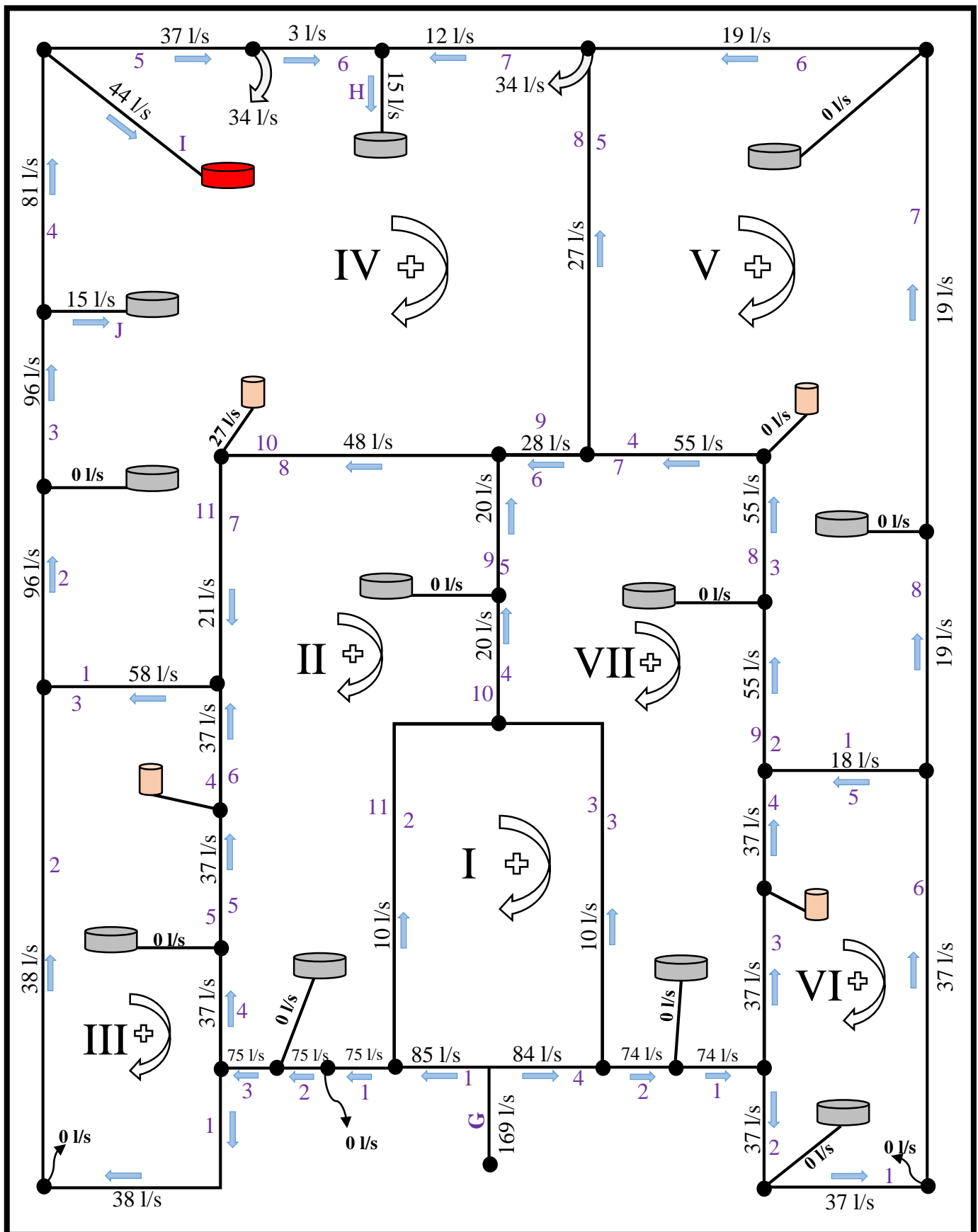


Figure IV.6 : Répartition initiale des débits ainsi que leurs sens d'écoulement de la zone nord

## IV.4.2.1 Résultats du calcul

En posant le coefficient des pertes de charge singulière  $S=1,1$  et comme le calcul de ces pertes se fait pour des conduites neuves en acier noir au carbone, le coefficient de Hazen-Williams est par conséquent  $C_{HW}=120$  [9]. Le traitement hydraulique du réseau est réalisé à l'aide de notre programme ; les résultats qui en sont issus sont présentés dans le tableau qui suit :

Maille	Tronçon	Débit initial (l/s)	Débit corrigé (l/s)	Pertes de charge (m)	Vitesse (m/s)
I	1	85	83.130	2.474	2.646
	2	10	25.847	0.481	0.822
	3	-10	-27.719	-0.729	0.882
	4	-84	-85.869	-2.226	2.733
II	1	75	57.282	1.641	1.823
	2	75	57.282	0.504	1.823
	3	75	57.282	1.178	1.823
	4	37	36.675	0.101	1.167
	5	37	26.675	0.117	0.849
	6	37	36.675	0.276	1.167
	7	-21	8.388	0.146	0.267
	8	-48	-18.611	-0.343	0.592
	9	-20	-53.566	-1.412	1.705
	10	-20	-53.566	-1.728	1.705
	11	-10	-25.847	-0.481	0.822
III	1	38	20.607	0.579	0.655
	2	38	20.607	0.408	0.655
	3	-58	-28.286	-0.398	0.900
	4	-37	-36.675	-0.276	1.167
	5	-37	-36.675	-0.211	1.167
	6	-37	-36.675	-0.101	1.167
IV	1	58	28.286	0.398	0.900
	2	96	48.894	1.522	1.556
	3	96	48.894	3.264	1.556
	4	81	33.894	1.313	1.078
	5	37	-10.105	-0.074	0.321
	6	3	-44.105	-1.828	1.403
	7	-12	-59.105	-1.360	1.881
	8	-27	-59.358	-2.135	1.889
	9	28	-34.955	-1.298	1.112
	10	48	18.611	0.343	0.592
	11	21	-8.388	-0.146	0.267
V	1	18	-16.027	-0.198	0.510
	2	55	24.402	0.892	0.776
	3	55	24.402	0.077	0.776
	4	55	24.402	0.086	0.776
	5	27	59.358	2.135	1.889

	6	-19	-33.747	-0.418	1.074
	7	-19	-33.747	-2.053	1.074
	8	-19	-33.747	-0.521	1.074
VI	1	-37	-17.720	-0.416	0.564
	2	-37	-17.720	-0.069	0.564
	3	37	40.430	0.408	1.286
	4	37	40.430	0.154	1.286
	5	-18	16.027	0.198	0.510
	6	-37	-17.720	-0.275	0.564
VII	1	-74	-58.150	-1.254	1.850
	2	-74	-58.150	-2.293	1.850
	3	10	27.719	0.729	0.882
	4	20	53.566	1.728	1.705
	5	20	53.566	1.412	1.705
	6	-28	34.955	1.298	1.112
	7	-55	-24.402	-0.086	0.776
	8	-55	-24.402	-0.0779	0.776
	9	-55	-24.402	-0.892	0.776
	10	-37	-40.430	-0.154	1.286
	11	-37	-40.430	-0.408	1.286

Tableau IV.7 : Résultats finaux calculés pour la zone nord

#### IV.4.2.2 Discussion

Comme nous pouvons le constater les résultats des vitesses sont bien au-dessous de celle exigée par la norme NFPA 15 [9], par conséquent les pertes de charge dans les conduites sont relativement faibles, ce qui signifie que le diamètre choisi initialement et qui est de l'ordre de 200 mm convient aux conduites de ce réseau.

#### IV.4.3 Calcul des pertes de charge pour les tronçons ramifiés A, B, C, D, E, F, G, H, I et J

Le calcul des pertes de charge pour ces tronçons est fait manuellement car ces derniers sont considérés comme des tronçons ramifiés.

La perte de charge dans le tronçon B est donnée par la relation (III.10) :

$$h_B' = K_B Q_B^{1,852}$$

Avec :

$$K_B = \frac{\beta L}{C_{HW}^{1,852} D^{4,87}} = \frac{10,679 \times 136}{120 \times (300 \times 10^3)^{4,87}} = 72,16$$

D'où

$$h_B' = 72,16 \times 0,209^{1,852} = 3,974 \text{ m}$$

Tenant compte du coefficient des pertes charge singulières,  $S=1,1$  nous déterminerons la perte de charge totale dans le tronçon :

$$h_B = h'_B \times 1,1 = 3,974 \times 1,1 = 4,371 \text{ m}$$

Pour les calculs des pertes de charge dans les tronçons A, C, D, E, F, G, H, I et J nous suivrons le même principe que pour le tronçon B et les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tronçon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Pertes de charge (m)
A	18	300	209	0,579
B	136	300	209	4,371
C	36	150	18	0,36
D	33	150	54	2,53
E	21	150	18	0,21
F	25	150	18	0,250
G	45	300	169	0,976
H	10	150	15	0,08
I	8	150	44	5,077
J	10	150	15	0,08

**Tableau IV.8 :** Pertes de de charge des tronçons ramifiés

## IV.5 Choix de la pompe

### IV.5.1 Calcul de la hauteur manométrique total $H_A$ de l'installation

Dans notre cas, le calcul de la hauteur manométrique totale répond au modèle de l'équation (III.28), tel que :

$$H_A = H_{géo} + \sum H_v$$

#### IV.5.1.1 Calcul de la hauteur géométrique

$$H_{géo} = H_{asp} + H_{élé} + P_{ser} \Rightarrow H_{géo} = 1,5 + 14 + 81,98 = 97,48 \text{ m}$$

Avec :

$H_{géo}$  : Représente la hauteur géométrique, en [m] ;

$H_{asp}$  : Représente la hauteur d'aspiration, en [m] ;

$H_{élé}$  : Représente la hauteur d'élévation, en [m] ;

$P_{ser}$  : Représente la pression de service à la sortie des diffuseurs et  $P_{ser} = 8 \text{ bar} = 81,98 \text{ mCE}$ .

Puisque  $1 \text{ bar} = 10,197 \text{ mCE}$ .

#### IV.5.1.2 Calcul de la somme des pertes de charge $\sum H_v$

Pour ce faire, nous avons procédé par un calcul de plusieurs chemins en démarrant par la pompe jusqu'au point le plus éloigné des deux zones (sud et nord), par cette méthode, nous avons déterminé le circuit le plus contraignant en terme de perte de charge qui est représenté dans le schéma ci-après :

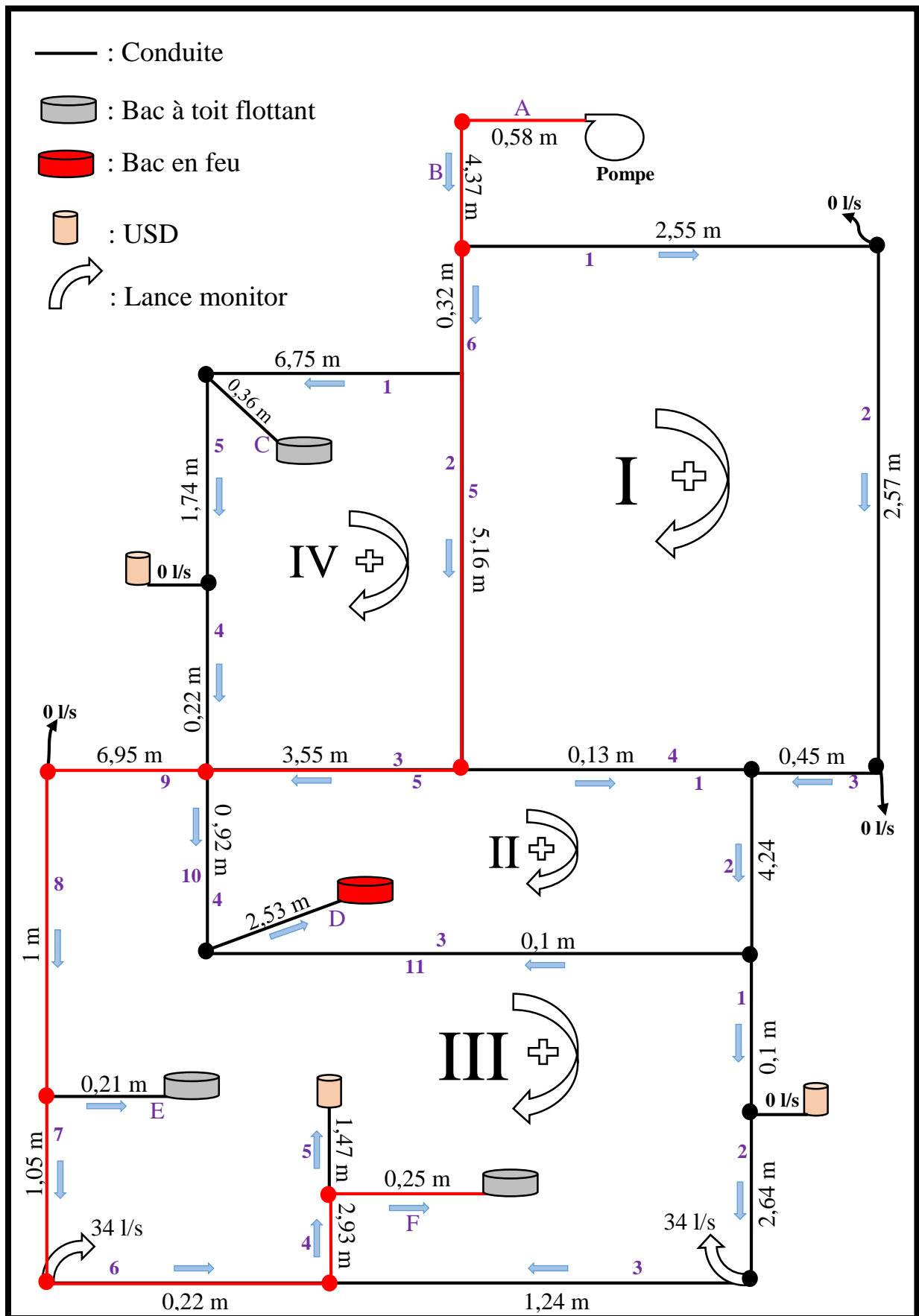


Figure IV.7 : Représentation des pertes de charge dans la zone sud

La somme des pertes de charge du circuit le plus contraignant est calculée comme suit :

$$\sum H_v = 0,58 + 4,37 + 0,32 + 5,16 + 3,55 + 6,95 + 1 + 1,05 + 0,22 + 2,93 + 0,25 = 26,38 \text{ m}$$

$$\sum H_v = 26,38 \text{ m}$$

Donc nous aurons

$$H_A = 97,48 + 26,38 = 123,86 \text{ m}$$

Nous la prendrons :

$$H_A = 124 \text{ m}$$

#### IV.5.2 Caractéristiques requises

Les caractéristiques de l'installation sont :

<b>Débit</b>	<b>209 l/s</b>
<b>Hauteur de refoulement</b>	<b>124 m</b>
<b>Fluide</b>	<b>Eau douce</b>
<b>Température</b>	<b>20-25 °C</b>
<b>Type de l'installation</b>	<b>Pompe verticale</b>
<b>Nombre de pompes</b>	<b>01</b>

**Tableau IV.9** : Les caractéristiques requises de l'installation

#### IV.5.3 Caractéristiques de la pompe

Le choix de la pompe est fait à l'aide du logiciel «IDEAL bombas». En introduisant les caractéristiques requises, ce dernier nous propose une pompe verticale à deux moteurs d'entraînement, (Electrique et Diesel), avec les caractéristiques suivantes :

<b>Débit</b>	<b>209 l/s</b>
<b>Hauteur de refoulement</b>	<b>124 m</b>
<b>Puissance absorbée</b>	<b>313.22 kW</b>
<b>Rendement</b>	<b>82.3 %</b>
<b>Orifice de refoulement</b>	<b>16 ''</b>

**Tableau IV.10** : Les caractéristiques de la pompe

Les résultats du choix de la pompe sont joints en annexe (F)

**Conclusion**

Dans ce présent chapitre, nous avons vu la partie calculs hydrauliques où il était question d'élaborer un programme informatique pour l'équilibrage du réseau, le calcul des pertes de charge, calcul de la hauteur manométrique totale, détermination du point de fonctionnement de l'installation et détermination de différentes caractéristiques de la pompe.

# *Conclusion générale*

Au terme de notre étude, nous avons montré que nous pouvons prévoir avec certitude une quantité d'eau, qui peut satisfaire simultanément les besoins en terme de protection et en terme d'extinction et cela face à un type de scénario d'incendie choisi. Ceci passe par une évaluation des conséquences susceptibles d'être engendrées par ce scénario, cette étude est souvent appelée « Etude des dangers ». Dans notre cas le scénario choisi est celui d'un feu de joint annulaire sur un bac à toit flottant.

Une fois la demande totale en eau est déterminée, l'étape suivante consiste à traiter le réseau. S'agissant toujours d'un réseau maillé, une étude d'équilibrage s'en suit. Pour se faire nous avons opté pour la méthode de Hardy-Cross alliée à la méthode de Hazen-Williams pour le calcul des pertes de charge.

Le traitement manuel de la méthode de Hardy-Cross, présenté dans la littérature s'avère long et complexe. Une informatisation de cette méthode est, par voie de conséquence, inévitable. A cet effet, nous avons pu mettre au point un programme informatique écrit en langage JAVA. La méthode utilisée ainsi que le programme informatique ont été validés par comparaison avec des résultats tirés de la littérature.

Une fois la validation faite, nous avons pu traiter le cas du réseau réel qui nous a été proposé. Les résultats trouvés nous ont permis, par la suite, de procéder à un choix judicieux des pompes capables d'alimenter ce réseau.

Enfin nous espérons avoir répondu, ne serait-ce que partiellement au problème réel qui nous a été posé par l'entreprise SONATRACH 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 nécessaire 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*

- [1] Documents internes à l'entreprise Sonatrach.
- [2] Association scientifique pour l'eau et l'environnement. « Les stations de pompage d'eau ». 6<sup>ème</sup> édition TEC& DOC.ISBN : 2-00-018038-9.
- [3] KSB Aktiengesellschaft. « Documentation KSB- Détermination des Pompes Centrifuges ». 5<sup>ème</sup> édition révisée et entendue 2005. ISBN 3-00-018038-9.
- [4] A. Pimenov, Kh. Tagui-zade. « Hydraulique Générale ». Edition Office des publications universitaires : 08-1993.
- [5] P.L. Viollet, J.P. Chabard, P.Esposito, D. Laurence. « Mécanique des fluide appliquée-écoulement incompressibles dans les circuits, les canaux et rivières, autour des structure et dans l'environnement ». Pesse de L'école Nationale des Ponts et Chaussées, 1998.
- [6] Michel Roques. « Contrôle industriel et régulation automatique- Mécanique des Fluide ». BTS CIRA, 2005.
- [7] I-E Idel'cik. « Mémento des pertes de charge » (traduit du russe). Edition Eyrolles, 1969.
- [8] Cross H., 'Analysis of the flow in networks of conduits or conductors', Bulletin n° 286, Univ. of Illinois, Engg. Exp. Station, Urbana, Illinois (1936).
- [9] NFPA 15. « Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection ». Edition 2001.
- [10] NFPA 11. « Standard for Low, Medium, and High-Expansion Foam ». Edition 2005.
- [11] NFPA 13. « Standard for the Installation of Sprinkler Systems » Edition 2002
- [12] François G. Brière. « Distribution et collecte des eaux ». Presses Internationales Polytechnique : 2009.
- [13] NFPA 16. « Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems » Edition 2003.
- [14] NFPA 24. « Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances » Edition 2002.
- [15] Dupont. A. « Hydraulique urbaine, Tome II : Ouvrage de transport, élévation et distribution des eaux ». Edition Eyrolles. 1979.

## ***Références bibliographiques***

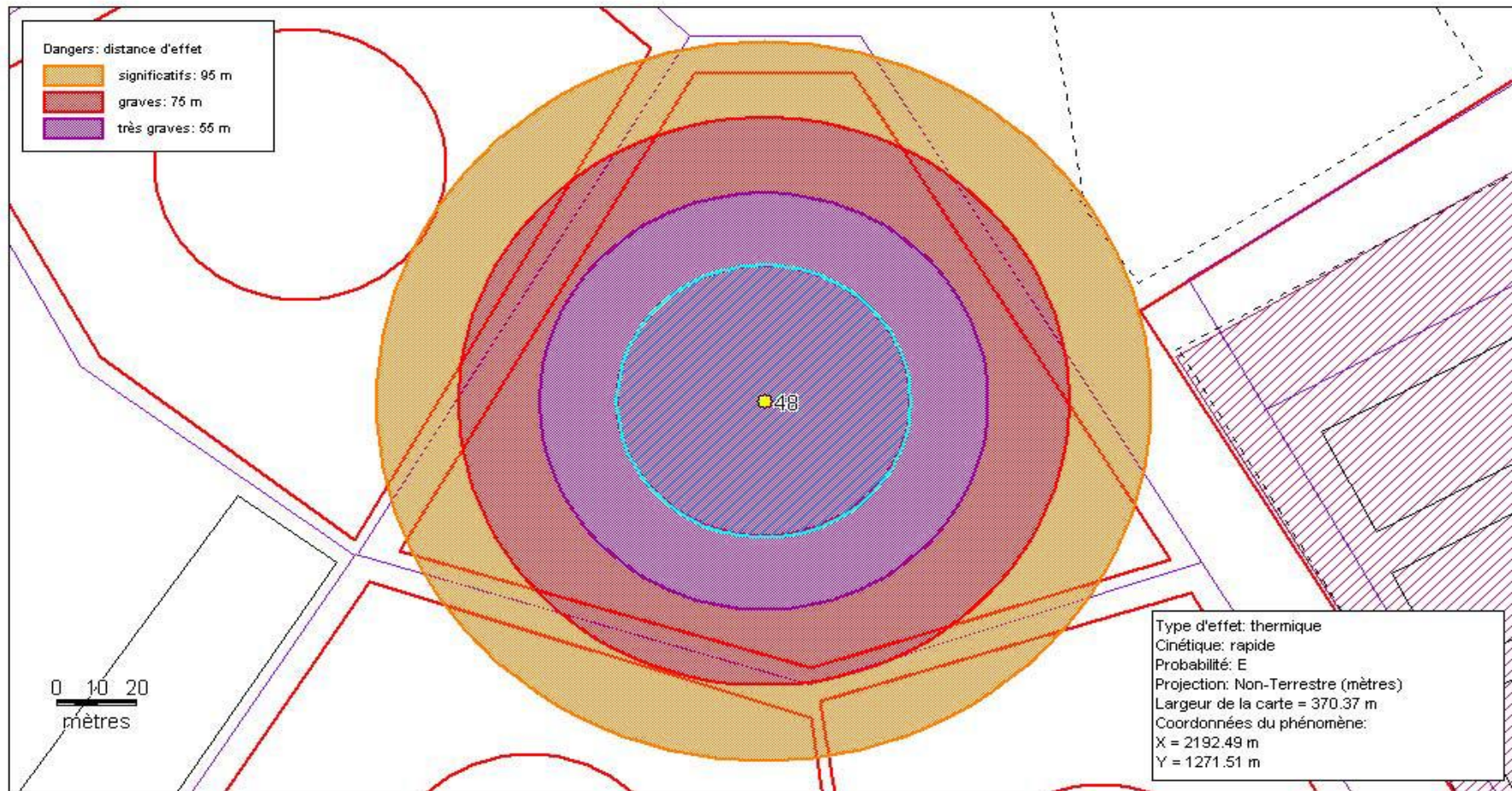
---

- [16] François Avellan. « Cours de turbomachine hydraulique-Machines hydraulique I ». Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne-IMHEF- Laboratoire de Machine hydraulique, Suisse. 2001.
- [17] « Machines tournantes- les pompes centrifuges- technologie et fonctionnement des pompes centrifuges ». IFP ENSPM Formation Industrie T029 A. 2000.
- [18] NFPA 20 « Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection » Edition 2003.

# *Annexes*

Annexe (A) : Cartographie des effets thermiques du bac N14

Bejaia  
Phénomène dangereux n° 48: INCENDIE bac R14



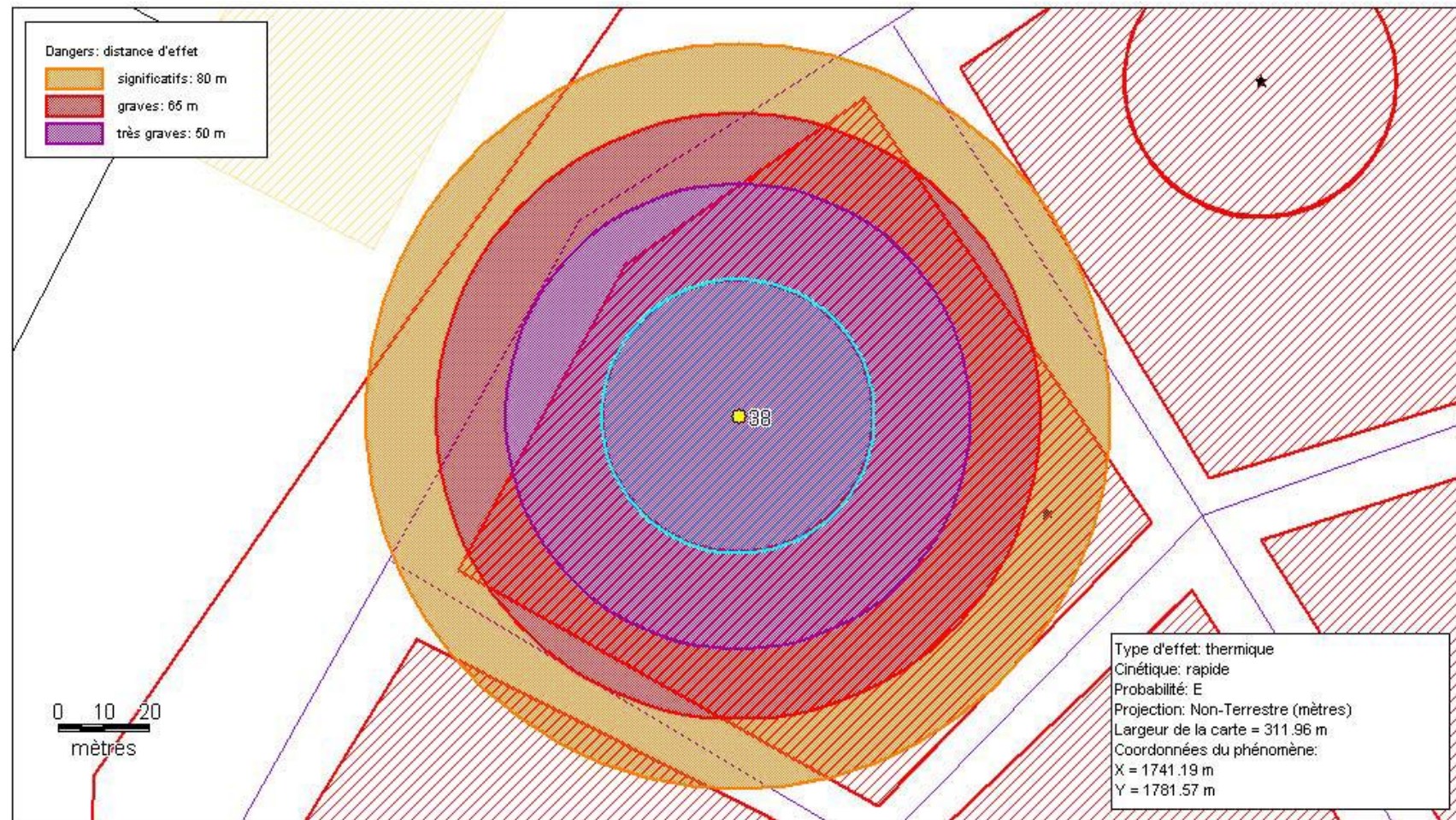
Sources:

Rédaction/Édition: SPg - 13/03/2008 - MAPINFO® V 8.5 - SIGALEA® V 2.0.3

SIGALEA

Annexe (B) : Cartographie des effets thermiques du bac 4C9

Bejaia  
Phénomène dangereux n° 38: INCENDIE bac 4C9



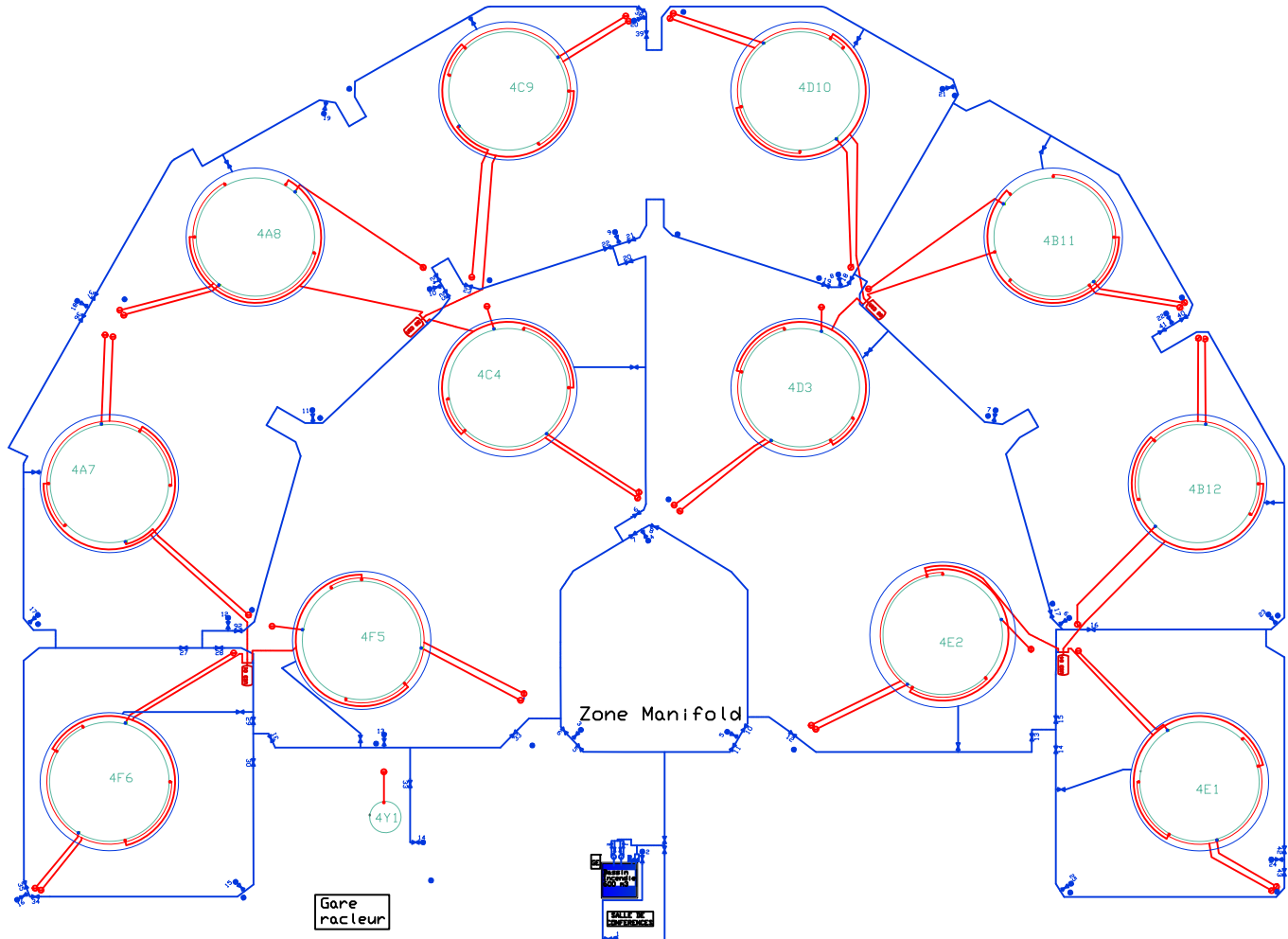
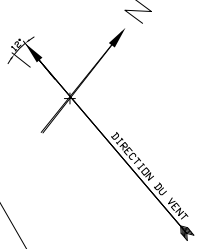
Sources:

Rédaction/Édition: SPg - 13/03/2008 - MAPINFO® V 8.5 - SIGALEA® V 2.0.3

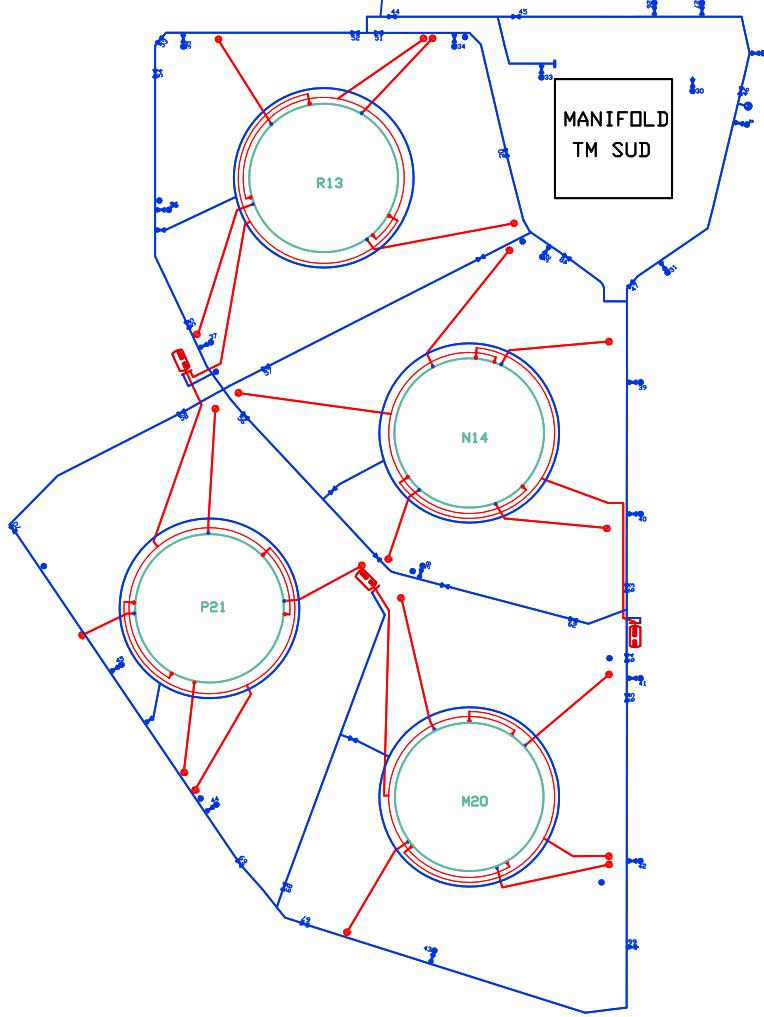
SIGALEA







ROUTE NATIONALE N° 9

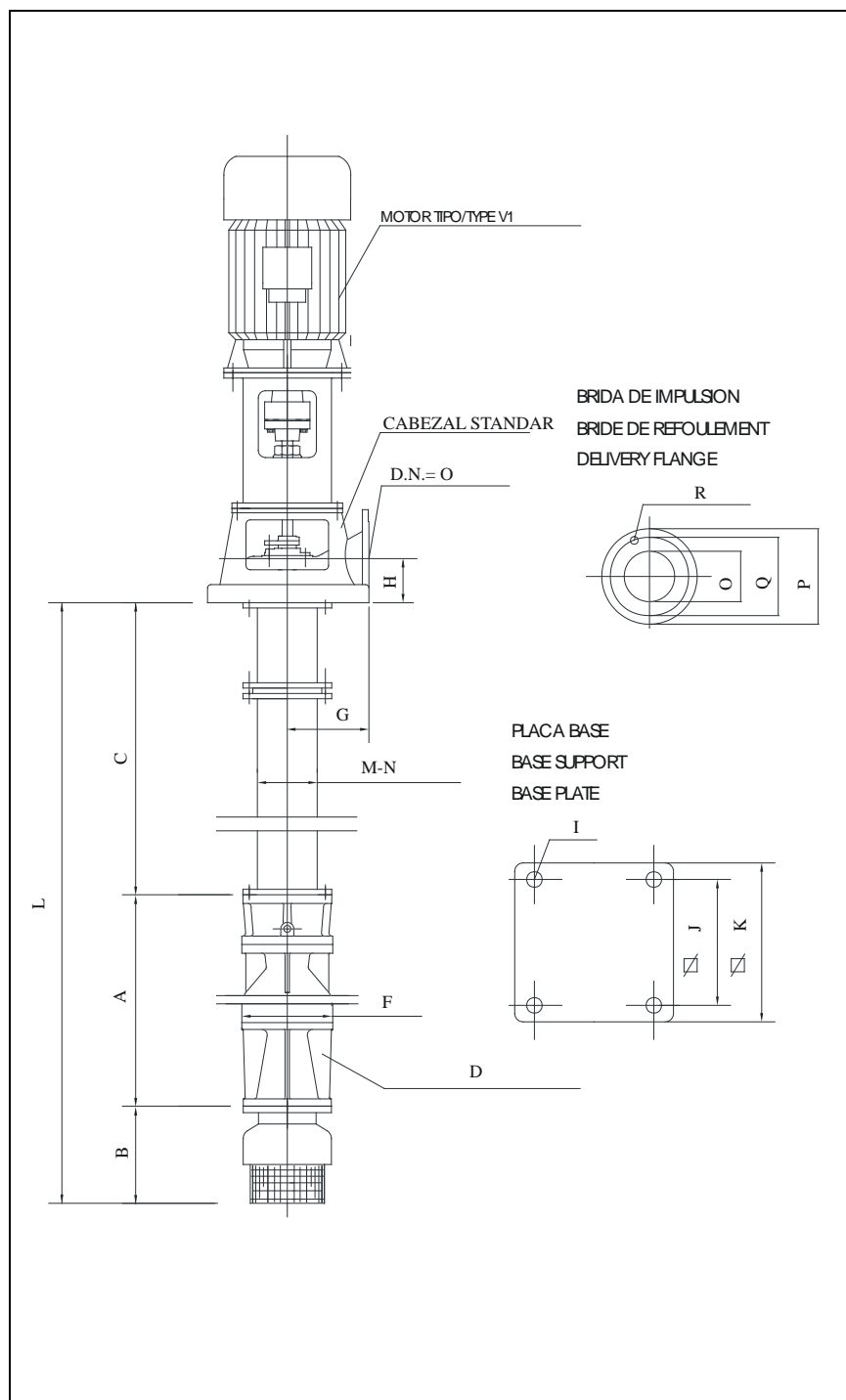


UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA		
TERMINAL MARIN DE BEJAIA P.F.D. GEOGRAPHIQUE DU RESEAU ANTI-INCENDIE	Approuvé:	
	Date:	10/04/2013
	Echelle:	≈ 1:2405

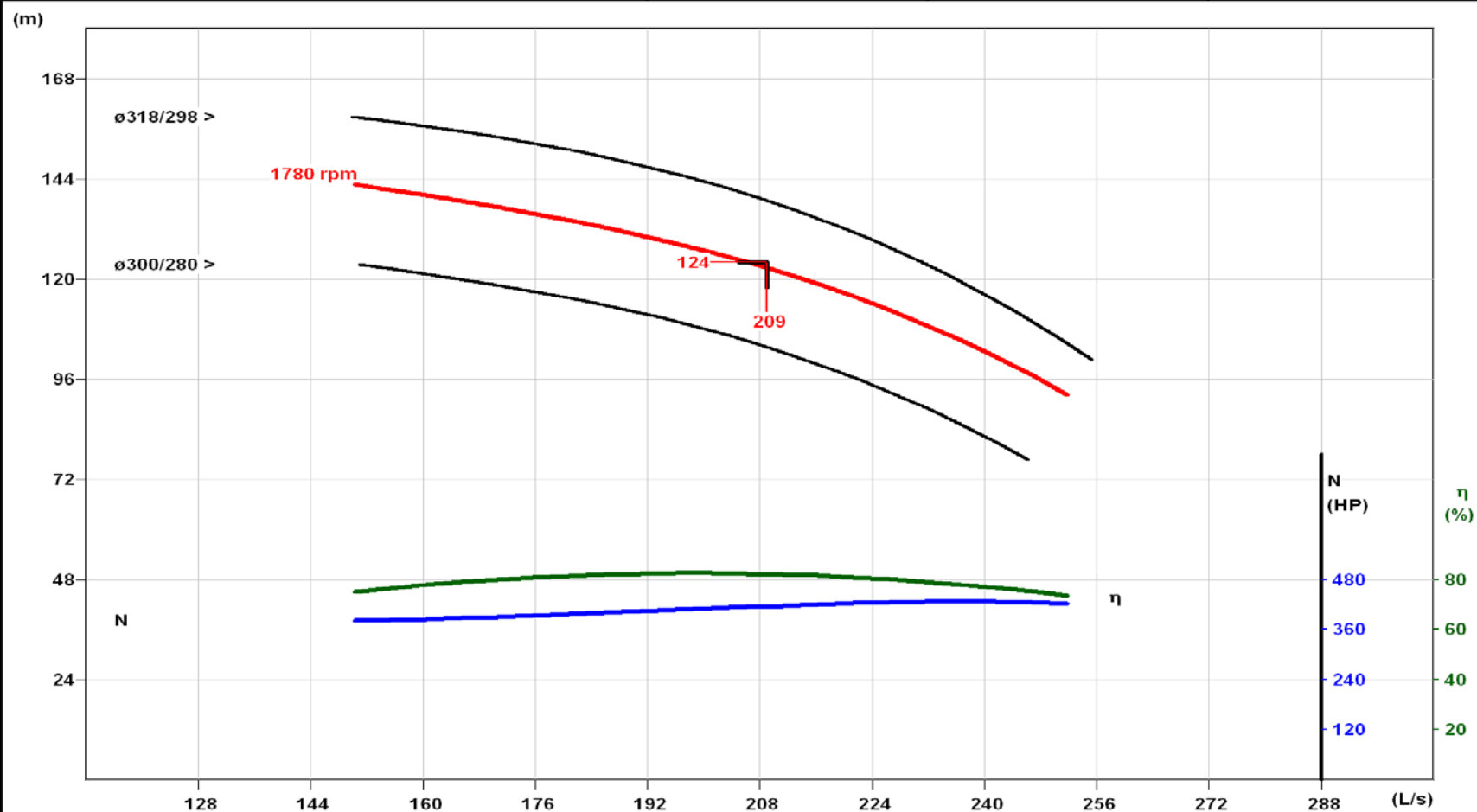


P.I. MEDITERRÁNEO  
C/CID, 8 - 46560 MASSALFASSAR (Valencia) - España  
Tel. (96) 140 21 43 - Fax (96) 140 21 31

Caractéristique requise		Caractéristiques générales	
Fluide	Eau	Pompe type	VG-163/4
Température	20-25 °C	Vitesse de rotation	1780
Débit	209 L/s	Max. Sable	25 gr/m <sup>3</sup>
Hauteur manométrique	124 m	Clapet de pied/crépine	Clapet de pied
Caractéristiques de la pompe		Support Moteur	9E
Débit	209 l/s	N° d'étage	4
Hauteur de refoulement	124 m	Type d'actionnement	Électrique
Puissance absorbées	313,22 kW	Matériaux	
Rendement	82,3%	Matériel du corps	Fonte GG-25
Diamètre pompe	16 "	Matériel de la roue	Fonte GG-25
		Matériel de l'arbre	Acier AISI 1045
		Matériel tête de refoulement	Fonte GG-25
		Étanchéité	Tresse



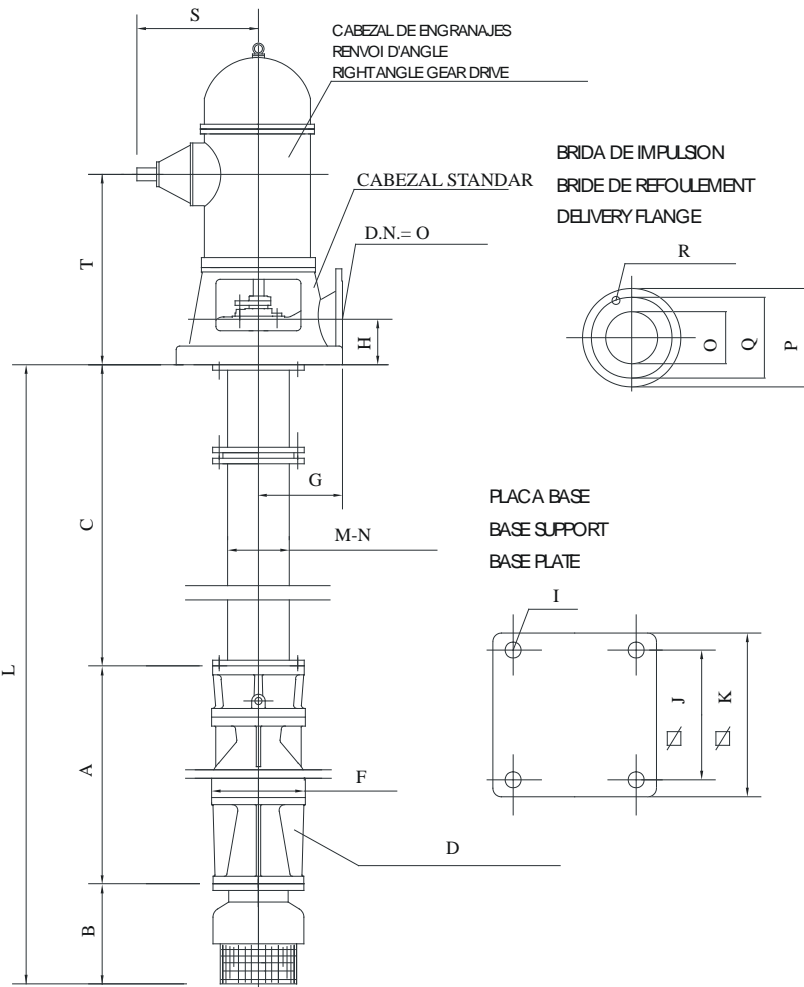
Hydraulique et colonne	
A	1927
B	600
C	340
L	2867
F	400
D	VG-163/4
M-N	255/50
Tête de refoulement	
Type	1020
DN=O	Ø 250 PN 10/16
H	220
G	305
Bride de refoulement	
R	8 x 27
O	250
Q	355
P	405
Base support	
J	540
K	600
I	23





P.I. MEDITERRÁNEO  
C/CID, 8 - 46560 MASSALFASSAR (Valencia) –apaña  
Tel. (96) 140 21 43 - Fax (96) 140 21 31

Caractéristique requise		Caractéristiques générales	
Fluide	Eau	Pompe type	VG-163/4
Température	20-25 °C	Vitesse de rotation	1780
Débit	209 L/s	Max. Sable	25 gr/m <sup>3</sup>
Hauteur manométrique	124 m	Clapet de pied/crépine	Clapet de pied
<b>Caractéristiques de la pompe</b>		Support Moteur	9E
		N° d'étage	4
Débit	209 l/s	Type d'actionnement	Diesel
Hauteur de refoulement	124 m	<b>Matériaux</b>	
Puissance absorbées	313,22 kW	Matériel du corps	Fonte GG-25
Rendement	82,3%	Matériel de la roue	Fonte GG-25
Diamètre pompe	16 "	Matériel de l'arbre	Acier AISI 1045
		Matériel tête de refoulement	Fonte GG-25
		Etanchéité	Tresse



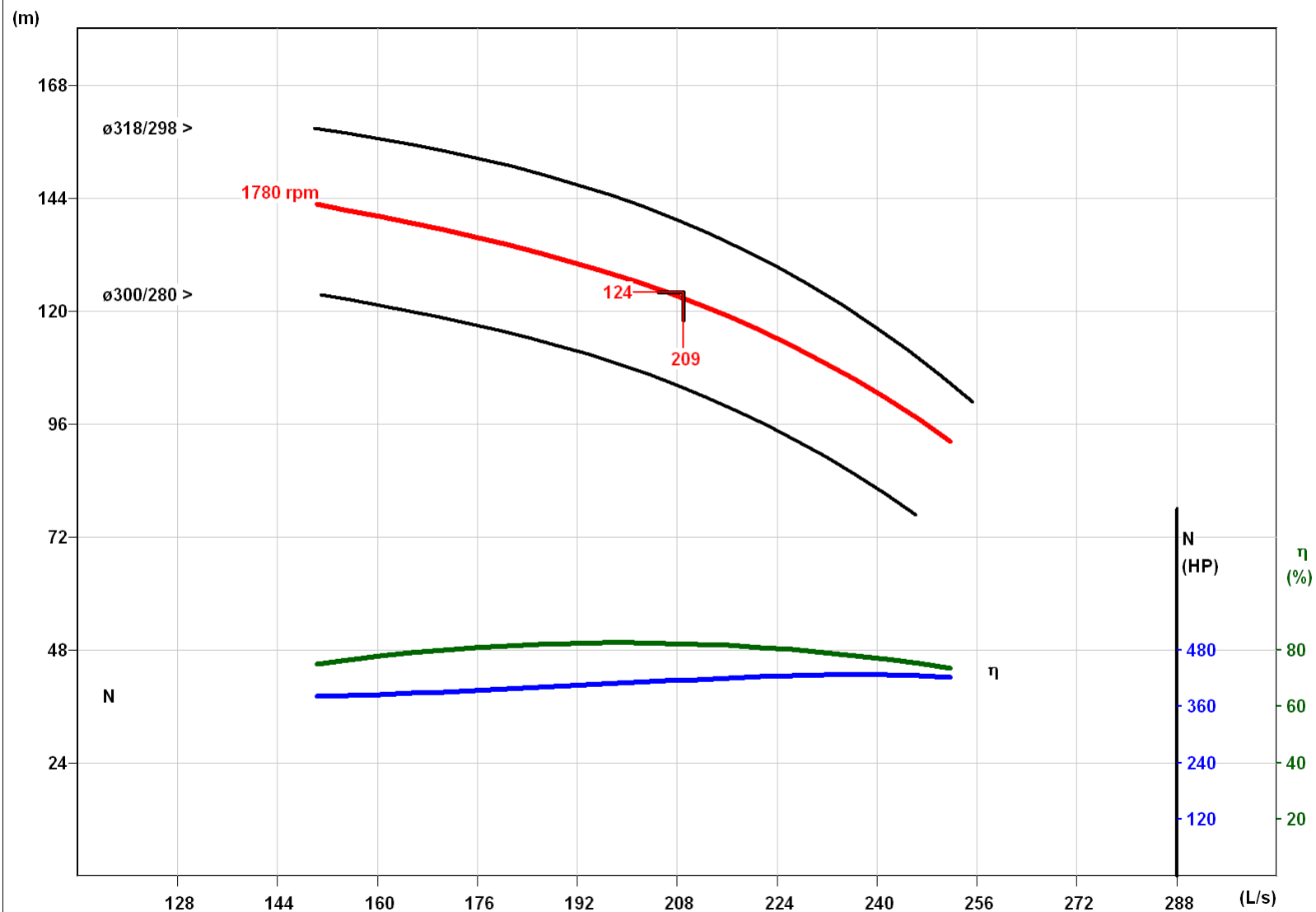
Hydraulique et colonne	
A	1927
B	600
C	340
L	2867
F	400
D	VG-163/4
M-N	255/50
Tête de refoulement	
Tipo	1020
DN=O	Ø 250 PN 10/16
H	220
G	305
Bride de refoulement	
R	8 x 27
O	250
Q	355
P	405
Base support	
J	540
K	600
I	23



VG-163/4 1780 rpm

Q : 209 L/s  
H : 124 m  
 $\eta$ :82,2%  
N:420,37Cv (309,39Kw)

Type de liquide:  
Eau  
Poids spécifique:1  
PH:7-8



## ***RESUME***

Dans le cadre de ce projet, nous nous intéresserons au problème de protection contre un incendie dans une installation de stockage pétrolier.

L'objectif principale de ce travail, est d'étudier le réseau de lutte contre l'incendie et par suite déterminé le choix de la pompe.

L'étude de ce réseau est un processus complexe, nous le traitons dans ce travail en trois étapes, nous faisons la présentation globale de l'installation afin de comprendre le réseau hydraulique et de mieux cerner la problématique qui nous été posé par l'entreprise. En second lieu nous donnons les généralités sur les éléments qui constituent de telles installations, afin de connaître les méthodes de tels dimensionnement, et en dernier lieu, les calculs à effectuer. Une des originalités de notre travail est l'informatisation de la méthode de calcul.

Les calculs effectués et l'analyse des résultats, nous ont permis de déterminer le choix de la pompe pour le réseau.

---

## ***ABSTRACT***

As part of this project, we focus on the problem of protection against fire in an oil storage facility.

The main objective of this work is to study the network fighting against fire and consequently determined the choice of the pump.

The study of this network is a complex process; we treat in this work in three steps we make the global presentation of the system to understand the hydraulic system and to better understand the problems that we were asked by the company. Secondly we give General information about the elements that make up such installations in order to know the methods of such design, and finally, the required calculations. One originality of our work is the computerization of the calculation method.

The calculations and analysis of the results allowed us to determine the choice the pump for the network.