

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULIQUE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de master en mécanique

Option : Energétique/Installation énergétique et turbomachine

**Conception Et Mise En Œuvre D'un Nouveau Réseau
D'hydrocarbure Au Niveau Du Dépôt Carburant
-NAFTAL- Biskra**

Encadré par :

Pr. ROUDANE Mohamed (USD Blida 1)

Réalisé par :

AMOURA Manel

BENCHELFI Rania

Année universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer puis de terminer ce travail.

Un remerciement tout particulier à nos chers parents de leurs sacrifices consentis pour notre éducation et formation.

Nous remercions notre promoteur MR. ROUDANE Med pour ses efforts durant fin de ce travail.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Mr. SAADAoui pour son orientation efficace, son aide et sa gentillesse.

Nous remercions Mr. ABASSI MOURAD le responsable de département DTM Maintenance NAFTAL de DAR EL BAIDA pour son accueil, et avoir accepter notre demande.

Nous tenons à remercier MR. CHETIOUI SABER le Chef de service Maintenance Mécanique NAFTAL, qui a mis à notre disposition toutes les données afin d'avancer dans notre projet de mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et nous ont accompagné dès notre première année à l'Université.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour avoir accepté de juger notre travail.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenue de près ou de loin

AMOURA Manel
BENCHELFI Rania

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect : A mes très chers parents que dieu leur donne Une longue et joyeuse vie.

A mes chères sœurs LATIFA et FELLA et mon fiancé ABDELLAH et sa famille qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon oncle et mes tantes. Que Dieu les protège.

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon binôme RANIA pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Manel...

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail avec tout mon amour et ma gratitude :

À MOI-MEME pour tout ce que j'ai vécu, pour toutes les sacrifices et les efforts que j'ai fait tout au long mon parcours.

A mon cher PAPA, et ma chère MAMAN, la source de ma force, les seules personnes qui avaient toujours confiance en moi, mon précieux offre du dieu, qui doivent ma vie, ma réussite et tout mon respect.

A mes chers frères : SAID, HOUARI et ABDERRAHIM pour leur amour et soutiens

A mes chères tantes et ma nièce d'amour NOURELYAKINE

A mes besties SARA, LINA, et IKRAM pour leurs encouragements, et leurs soutien moral

A mon cher binôme MANEL pour ses efforts, son encouragement, sa patience et sa compréhension tout au long de ce parcours .

Rania...

RESUME

L'installation d'un nouveau réseau dans un dépôt de stockage et distribution des hydrocarbures liquides (NAFTAL-BISKRA) après avoir une ancienne salle de pompage obsolète, L'objet de notre travail est basée sur la nouvelle conception de cette salle, le choix des matériaux et les conditions de bon fonctionnement des pompes centrifuges, et le calcul énergétique manuel qui était vérifié par la simulation numérique « logiciel : PIPE FLOW EXPERT », ainsi les préventions des risques et sécurité.

Cette nouvelle salle de pompage représente une avancée significative en termes d'avoir un chargement et déchargement de manière optimale et durable à long terme.

Mots clés : pompes centrifuges, salle de pompage, point de fonctionnement, PIPE FLOW, NPSH, élévation, chargement, cavitation.

ملخص

إن تركيب غرفة ضخ جديدة في مستودع تخزين وتوزيع الهيدروكربونات السائلة بعد وجود غرفة ضخ قديمة أصبحت غير فعالة. الدراسة المقترحة تعتمد على التصميم الجديد لهذه الغرفة، اختيار المواد، ظروف التشغيل الجيد للمضخات الطاردة المركزية وحساب الطاقة اليدوي الذي تم التحقق منه بواسطة المحاكاة العددية باستخدام برنامج **PIPE FLOW** بالإضافة إلى الوقاية من المخاطر وإجراءات السلامة.

تمثل غرفة الضخ الجديدة هذه تقدماً كبيراً من حيث تحقيق التحميل والتفريغ الأمثل والمستدام على المدى الطويل.

الكلمات المفتاحية: مضخات طاردة مركزية، غرفة ضخ، نقطة التشغيل، ارتفاع، تحميل، تجاوب

ABSTRACT

The installation of a new network for a storage and distribution depot of hydrocarbons liquids after having an old obsolete pumping room. The proposed study is based on the new design of this room, the choice of materials and the conditions for good operation of the centrifugal pumps, and the manual energy calculation which was verified by digital simulation "software: PIPE FLOW EXPERT", Also the risk prevention and safety.

This new pumping room represents a significant step forward in terms of having optimal and sustainable loading and unloading in a long term.

Key words: centrifugal pumps, pumping room, operating point, PIPE FLOW, NPSH, elevation, loading, cavitation.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DEDICACES

RESUME

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

NOMENCLATURE

INTRODUCTION GENERALE..... 1

Chapitre 1 : Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL.....

Introduction..... 2

1 Présentation de la société NAFTAL..... 2

1.1 Historique..... 2

1.2 Présentation de NAFTAL Branche Carburants 2

1.3 L'activité Carburants : 2

2 Transport d'énergie..... 3

2.1 Transport par camion-citerne..... 3

2.1.1 Avantages..... 3

2.1.2 Inconvénients..... 3

2.2 Transport par wagons-citernes..... 3

2.2.1 Avantages..... 3

2.2.2 Inconvénients..... 3

2.3 Transport par les navires 4

2.3.1 Avantages..... 4

2.3.2 Inconvénients..... 4

2.4 Transport par pipelines 5

2.4.1 Avantages..... 5

2.4.2 Inconvénients..... 5

3 Stockage..... 5

3.1 Le stockage des hydrocarbures..... 5

3.2 Parc de stockage 6

3.3 Les réservoirs de stockage 6

3.4 Intérêt du stockage 6

4	L'activité de Chargement	6
4.1	Chargement par le dôme	6
4.2	Chargement en source	7
5	L'activité de déchargement.....	7
6	Les équipements du poste chargement / déchargement.....	7
7	Distribution du carburant.....	8
	Conclusion	9
	Chapitre 02 : Pompes centrifuges : Notions Essentielles et Caractéristiques	
	Introduction.....	10
1	Définition	10
2	Types de pompe centrifuge	10
2.1	Les pompes monocellulaires.....	11
2.2	Les pompes multicellulaires	11
3	Composition d'une pompe centrifuge.....	11
3.1	Les composants hydrauliques	11
3.2	Les composants mécaniques	12
4	Principe de fonctionnement	13
5	Dimensionnement.....	13
6	Les Courbes caractéristiques de la pompe centrifuge	13
6.1	Courbe Hauteur manométrique totale-Débit	14
6.2	Courbe Puissance – Débit.....	14
6.3	Courbe rendement –Débit	15
6.4	Courbe NPSH – Débit « hauteur positive nette à l'aspiration».....	15
7	Point de fonctionnement	16
8	Problème de Cavitation.....	17
8.1	Effets de la cavitation.....	18
9.1	Les pertes de charges	18
9.1.1	Définition	18
9.1.2	Les pertes de charge singulières	19
9.1.3	Les pertes de charges linéaires.....	19
10	La station de pompage.....	19
9.1	Choix de l'équipement de pompage.....	20
10	Les normes applicables.....	20
10.1	API 610.....	20
10.2	API 686.....	20

10.3 ASME B31.3.....	20
Conclusion	21
Chapitre 03 : Description de réseau carburant BISKRA.....	
Introduction.....	21
1 Objectifs de projet	21
2 Problématique de projet	21
3 Site CBR BISKRA	22
4. Choix des conditions de service	22
5. Le réseau carburant BISKRA	23
5.1 Canalisations.....	23
5.1.1 Diamètre utilisée	23
5.2 Pompage	23
5.2.1 Caractéristiques ancienne salle des pompes	23
5.2.2 Caractéristiques nouvelle salle de pompage	24
5.2.3 Caractéristiques principales d'une pompe de 100 m ³ /h.....	26
5.2.4 Caractéristiques principales d'une pompe de 60 m ³ /h.....	26
5.3 Les différents équipements de réseau existant	26
5.3.1 Nouvelle abri pompe chargement-déchargement	26
5.3.2 Poste de déchargement et chargement.....	27
5.3.3 Poste de stockage.....	27
6. Conception de la nouvelle salle des pompes	28
7. Sécurité et prévention des risques	29
7.1 Sécurité de la pompe :	29
Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique.....	
1 Approche théorique	31
1.1 Introduction	31
1.2 Objectif :.....	31
1.3 Application :	31
1.3.1 Résultats de vitesse d'après un essai sur logiciel PIPE FLOW	32
1.4 Diagnostic relatif au bon fonctionnement (performance) :	33
1.4.1 Coefficient de perte de charge singulière K.....	33
1.4.2 Calculs des pertes de charge à l'aspiration cas chargement 8''	33
1.4.3 Résultats des pertes de charge	35
1.5 Calcul du <i>NPSHdispo</i> disponible pour une pompe en charge	35
1.5.1 Problématique constaté.....	36

1.5.2	Solution adoptée.....	36
1.5.3	Calcul de la hauteur géométrique « Z »	36
1.6	Les courbes caractéristiques de la pompe	37
1.6.1	Équation caractéristique de la pompe "100m ³ /h"	37
1.6.2	La courbe de rendement de la pompe	38
1.6.3	La courbe de <i>NPSH_r</i>	39
1.6.4	Courbe caractéristique de puissance.....	40
1.7	Courbe caractéristique du réseau	40
1.7.1	Équation caractéristique du réseau.....	40
1.7.2	Point de fonctionnement.....	41
1.7.3	Équation caractéristique de la pompe "60m ³ /h"	42
1.7.4	La courbe de rendement de la pompe	43
1.7.5	La courbe de <i>NPSH_r</i>	44
1.7.6	Courbe caractéristique de puissance.....	44
1.8	Courbe caractéristique du réseau pompe 60 (m ³ /h).....	45
1.8.1	Équation caractéristique du réseau.....	45
1.8.2	Point de fonctionnement.....	46
2	Approche numérique.....	47
2.1	Pipe flow expert :	47
2.2	Utilisation du logiciel.....	47
2.3	Interface du logiciel.....	48
2.4	Chargement GASOIL avec une pompe de 100 m ³ /h dont le diamètre a l'aspiration est 8'' et au refoulement 6'' :	49
2.4.1	Résultats performance pompes avec cavitation	50
2.4.2	Résultats performance pompes avec cavitation	50
2.4.3	Interprétation des Résultats :	51
2.4.4	Résultats performances pipes :	51
2.5	Déchargement GASOIL avec une pompe de 60 m ³ /h dont le diamètre a l'aspiration est 6'' et au refoulement 4'' :	52
2.5.1	Résultats performance pompes :	53
2.5.2	Résultats pipe déchargement gasoil	53
2.6	Chargement ESSENCE avec une pompe de 100 m ³ /h dont le diamètre a l'aspiration est 6'' et au refoulement 4'' :	54
2.6.1	Résultats de performance des pompes :	55
2.6.2	Résultats pipe déchargement gasoil	55

2.7	Déchargement ESSENCE avec une pompe de 60 m³/h dont le diamètre a l'aspiration est 6'' et au refoulement 4'' :.....	56
2.7.1	Résultats performance pompes.....	57
2.7.2	Résultats performance des pipes	57
2.8	Analyse des résultats	59

Conclusion

Conclusion générale

Références

Annexes

LISTE DES TABLEAUX :

CHAPITRE 04.....	
Tableau 4.1. 1 Résultats de vitesse PIPEFLOW	32
Tableau 4.1. 2 Coefficient des pertes de charge	33
Tableau 4.1. 3 Résultats des pertes de charge	35
Tableau 4.1. 4 La variation de la HMT d'une pompe par rapport au débit	38
Tableau 4.1. 5 la variation de Rendement d'une pompe par rapport au débit	38
Tableau 4.1. 6 la variation de NPSH r d'une pompe par rapport au débit	39
Tableau 4.1. 7 la variation de puissance d'une pompe par rapport au débit	40
Tableau 4.1. 8 La variation de HMT en fonction de débit	41
Tableau 4.1. 9 La variation de HMT en fonction de débit d'une pompe 60m ³ /h	42
Tableau 4.1. 10 La variation de rendement en fonction de débit	43
Tableau 4.1. 11 La variation de NPSH requis en fonction de débit	44
Tableau 4.1. 12 la variation de puissance en fonction de débit.....	44
Tableau 4.1. 13 HMT en fonction de débit	45
Tableau 4.2 1 résultats avec cavitation	50
Tableau 4.2 2 résultats des pompes	50
Tableau 4.2 3 résultats chargement camion-citerne par GASOIL.....	51
Tableau 4.2 4 résultats pompes déchargement gasoil.....	53
Tableau 4.2 5 résultats pipe déchargement gasoil.....	53
Tableau 4.2 6 Résultats de performance des pompes :.....	55
Tableau 4.2 7 Résultats pipe déchargement gasoil	55
Tableau 4.2 8 Résultats performance pompes de 60m ³ /h	57
Tableau 4.2 9 Résultats performance des pipes 60m ³ /h.....	57

LISTE DES FIGURES :

CHAPITRE 01	
Figure 1. 1: Transport d'hydrocarbure par Camion-Citerne	3
Figure 1. 2: Transport d'hydrocarbure par Wagon-Citerne	4
Figure 1. 3: Transport d'hydrocarbure par Navire	4
Figure 1. 4: Transport d'hydrocarbure par pipes	5
Figure 1. 5: Réservoirs de Stockage d'hydrocarbure	6
Figure 1. 6: Passerelle de Chargement	8
Figure 1. 8: Définition de la Distribution	9
CHAPITRE 02	
Figure 2. 1 : pompes centrifuge	10
Figure 2. 2 Pompe monocellulaire	11
Figure 2. 3 pompe multicellulaire	11
Figure 2. 4 les composantes d'une pompe centrifuge	12
Figure 2. 5 Courbe Hauteur-Débit	14
Figure 2. 6: Courbe Puissance-Débit	14
Figure 2. 7 courbe Rendement-Débit	15
Figure 2. 8: NPSH disponible en fonction de débit	16
Figure 2. 9: Point de fonctionnement	17
Figure 2. 10: phénomène de cavitation	17
CHAPITRE 03	
Figure 3. 1: localisation CBR Biskra	22
Figure 3. 2: Ancienne salle des pompes	24
Figure 3.3 Plan de salle des pompes	28
CHAPITRE 04	
Figure 4.1. 1 schéma d'élévation	37
Figure 4.1. 2 HMT en fonction de débit	38
Figure 4.1. 3 Rendement en fonction de débit	39

Figure 4.1. 4 NPSH requis en fonction de débit	39
Figure 4.1. 5 puissance en fonction de débit.....	40
Figure 4.1. 6 HMT en fonction de débit	41
Figure 4.1. 7 Point de fonctionnement du réseau.....	42
Figure 4.1. 8 HMT en fonction de débit d'une pompe 60m³/h	43
Figure 4.1. 9 Rendement en fonction de débit.....	43
Figure 4.1. 10 NPSH requis en fonction de débit	44
Figure 4.1. 11 puissance en fonction de débit.....	45
Figure 4.1. 12 courbe HMT en fonction de débit	46
Figure 4.1. 13 Courbe point de fonctionnement d'une pompe 60m³/h	46
Figure 4.2 1 LOGICIEL PIPEFLOW.....	47
Figure 4.2 2 Interface du logiciel	48
Figure 4.2 3 Chargement camion-citerne par GASOIL.....	49
Figure 4.2 4 schéma déchargement wagon-citerne GASOIL.....	52
Figure 4.2 5 Chargement ESSENCE avec une pompe de 100 m³/h	54
Figure 4.2 6 Déchargement ESSENCE avec une pompe de 60 m³/h.....	56

NOMENCLATURE

Symbole	Désignation	Unité
<i>Q</i>	Débit	<i>m³/h</i>
<i>f</i>	Facteur de frottement	<i>sans unité</i>
<i>ρ</i>	La masse volumique	<i>Kg/m³</i>
K	Coefficient de frottement	<i>Kg/s</i>
<i>ϑ</i>	Viscosité dynamique	<i>Kg/(ms)</i>
Re	Nombre de Reynolds	<i>Kj/Kg</i>
<i>L</i>	Longueur	<i>m</i>
D	Diamètre	<i>m</i>
V	Vitesse	<i>m/s</i>
<i>S</i>	Section	<i>m²</i>
<i>P_{atm}</i>	Pression atmosphérique	<i>Pa</i>
<i>P_v</i>	La pression absolue	<i>Pa</i>
<i>ΔP_s</i>	Les pertes de charges singulières	<i>m ou Pa</i>
<i>ΔP_l</i>	Les pertes de charges linéaires	<i>m ou Pa</i>
HMT	Hauteur manométrique total	<i>m</i>
<i>P_{abs}</i>	Puissance absorbé	<i>KW</i>
<i>V_t</i>	Volume total	<i>m³</i>
<i>NPSH_d</i>	Hauteur positive nette à l'aspiration	<i>m</i>
Z	Élévation	<i>M</i>

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie est un pays qui possède différentes richesses naturelles. Le secteur des produits pétroliers est l'un des secteurs qui joue un rôle très important dans l'économie algérienne.

En 1971, après la nationalisation des hydrocarbures que SONATRACH a pris en charge son exploitation. NAFTAL est issue de SONATRACH en 1987. Elle a pour mission principale : la distribution et la commercialisation des produits pétroliers sur le marché national. Elle est le premier distributeur en Algérie, dispose de 67 centres et dépôts de distribution et de stockage de carburants, celui de BISKRA est l'un de ces centres. Il dispose d'un parc de stockage, d'une installation de chargement, déchargement des carburants (ESSENCE et GASOIL).

NAFTAL branche carburant est responsable sur le bon fonctionnement de ces installations.

Les stations de pompage jouent un rôle essentiel dans les systèmes de transport et de distribution des fluides. Le principe de base d'une station de pompage est de fournir l'énergie nécessaire pour déplacer un fluide d'un point à un autre. Cela est particulièrement important lorsque le fluide doit parcourir de longues distances, monter en altitude ou surmonter des obstacles géographiques. Une station de pompage comprend typiquement des pompes, des systèmes de contrôle et de surveillance, ainsi que des réservoirs et des vannes pour réguler le débit et la pression.

Ce sujet de recherche porte sur la conception et la mise en œuvre d'un nouveau réseau d'hydrocarbure.

L'objectif principal est de faire une étude mécanique et énergétique sur la nouvelle salle.

Le premier chapitre est consacré à la présentation des généralités utiles sur le transport d'énergie : transport, Stockage, Chargement/déchargement, et distribution.

Le deuxième chapitre est consacré à la description technologique des pompes centrifuges et leurs fonctionnements ainsi les courbes caractéristiques, le phénomène de cavitation et comment l'éviter et la station de pompage.

Le troisième chapitre est consacré à la mise en œuvre et les équipements dans la station de pompage, ainsi les préventions des risques et sécurité.

Le quatrième chapitre est consacré à toutes les calculs énergétiques et hydrauliques, la présentation du logiciel PIPE FLOW et l'analyse des résultats obtenus.

En conclusion, les résultats obtenus pourraient être appliqué pour la réalisation de la nouvelle salle de pompage.

Chapitre 1 :

Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL

Chapitre 01 Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL

Introduction

NAFTAL est désormais chargée uniquement de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés. Dans ce chapitre nous allons présenter la société NAFTAL et quelques généralités utiles pour notre projet de fin d'étude, sur le transport d'énergie (transport, Stockage, Chargement/déchargement, et distribution).

1 Présentation de la société NAFTAL

1.1 Historique

Issue de SONATRACH en avril 1980, l'entreprise nationale de raffinage et de distribution des Produits Pétroliers "ERDP" est renommée NAFTAL en février 1983. Depuis août 1987, NAFTAL est chargée uniquement de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés sur le marché national. En avril 1998, il y a eu un changement de statut pour devenir une Société par actions (Spa), filiale à 100% du Groupe SONATRACH, avec un capital social de 15.650.000.000 DA (209 millions USD).

1.2 Présentation de NAFTAL Branche Carburants

NAFTAL est une société par actions, filiale de SONATRACH, ayant pour missions la commercialisation et la distribution des produits pétroliers. La branche carburante est l'une des trois branches de NAFTAL. Elle est chargée des activités d'approvisionnement, de stockage et de livraison des carburants Aviation (Jet-A1 et METHMIX), marine (Gas-oil et fuel-oils) et terre (Essence Super, normal et sans plomb, Gasoil, A72, White spirit) ainsi que les lubrifiants et graisses aviation et marine.

1.3 L'activité Carburants :

L'activité carburants comprend l'approvisionnement, le stockage, le ravitaillement des carburants terre, aviation et marine, ainsi que la commercialisation des produits : Carburants (terre, aviation et marine), gaz de pétrole liquéfiés et d'autres produits tel que les lubrifiants, les bitumes, les pneumatiques, etc. L'activité carburants est certifiée ISO 9001 Version 2008, OHSAS 18001 et ISO 14001 versions 2004 [1].

Chapitre 01 Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL

2 Transport d'énergie

Le transport de produits pétroliers de SONATRACH vers NAFTAL peut être effectué par plusieurs modes qui ont chacun des avantages et des inconvénients d'un point de vue sécuritaire parmi ces moyens :

2.1 Transport par camion-citerne

Les camions sont également utilisés pour livrer les produits depuis les raffineries vers les dépôts et les stations-service

2.1.1 Avantages

- Accès facile aux endroits isolés.
- Pouvant atteindre n'importe quel endroit du territoire.

2.1.2 Inconvénients

- Impact d'environnement.
- Risque d'accident.
- Faible quantité[2].



Figure 1. 1: Transport d'hydrocarbure par Camion-Citerne[3]

2.2 Transport par wagons-citernes

Transport par wagons-citernes est un grand intérêt en absence de pipeline sur de longues distances.

2.2.1 Avantages

- Plus mobile.
- Cout.

2.2.2 Inconvénients

- Accident.

Chapitre 01 Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL

- Fuites.
- Les déraillements peuvent entraîner de lourdes pertes.
- Causer des incendies et des désastres écologiques[2].



Figure 1. 2: Transport d'hydrocarbure par Wagon-Citerne[4]

2.3 Transport par les navires

Servant à transporter facilement le pétrole et ses dérivées quantitativement vers des terminaux maritimes.

2.3.1 Avantages

- Quantité importante.
- Longue distance.

2.3.2 Inconvénients

- Les conditions maritimes (chavirage. Accident d'équipage...etc.).
- La collision ou l'échouement.
- Le feu ou l'explosion.
- Les fissures de coque ou les déformations des citernes[2].



Figure 1. 3: Transport d'hydrocarbure par Navire [3].

2.4 Transport par pipelines

L'oléoduc, couramment appelé pipeline, est l'élément principal de la chaîne de transport des hydrocarbures liquides.

Il relie un parc de stockage principal aux différents terminaux existant et les pipelines installés sur un territoire quelconque. Il a pour fonction aussi d'acheminer le pétrole brut aux raffineries et aux terminaux marins. L'exploitation de la ligne de transport se fait avec des débits variables selon la demande.

2.4.1 Avantages

- Les oléoducs fonctionnent 24h/24h.
- La fiabilité est au maximum.
- La sécurité.
- Les frais opératoires et d'entretiens sont pratiquement négligeables.

2.4.2 Inconvénients

- Dégradation.
- Exposition aux conditions climatiques.
- Exposition de risque de conflits[2].



Figure 1. 3: Transport d'hydrocarbure par pipes[3].

3 Stockage

3.1 Le stockage des hydrocarbures

Est un processus critique dans l'industrie pétrolière et gazière qui permet de stocker temporairement ou de manière permanente les hydrocarbures extraits avant leur distribution ou leur utilisation.

3.2 Parc de stockage

C'est une zone généralement de grande surface où se situe un ensemble des bacs ou des cuves de stockage. Ils peuvent être de différente ou de même capacité. Ils sont connectés à une canalisation d'entrée et une autre de sortie et éventuellement connectés entre eux.

3.3 Les réservoirs de stockage

Les réservoirs de stockage des hydrocarbures sont des réservoirs de grande capacité, généralement construits en acier et sont soumis à des réglementations strictes pour garantir leur sécurité et leur conformité environnementale. Les mesures de sécurité telles que les barrières de confinement, les systèmes de détection de fuites et les systèmes de suppression d'incendie sont également installés pour minimiser les risques en somme[5].

3.4 Intérêt du stockage

- Assure la poursuite de la production et de l'exploitation de manière ininterrompue.
- Permet de surveiller la qualité des produits expédiés.
- Facilite l'élimination naturelle des gaz indésirables par le biais du dégazage.
- Assurer l'autonomie en disponibilité de carburants d'une région spécifique[5].



Figure 1. 4: Réservoirs de Stockage d'hydrocarbure

4 L'activité de Chargement

Il existe à l'heure actuelle deux grands types de chargement pour les produits pétroliers : chargements dits « en dômes » et chargement dits « en source ».

4.1 Chargement par le dôme

C'est le chargement le plus traditionnel. Il nécessite que le chargeur du camion-citerne monte sur le toit du camion (au moyen d'une passerelle propre au terminal de chargement) ou encore

Chapitre 01 Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL

de l'échelle présente directement sur le camion. Ensuite, le chargeur ouvre le dôme de la cuve qu'il souhaite remplir et met en place le bras de chargement et commence le chargement qui pourra être contrôlé par différents moyens (compteur, pont bascule...) Le chargement se fera au moyen d'un bras de chargement (ou dans certains cas de flexibles de chargements) muni le plus souvent d'une vanne dite « homme mort ».

Ainsi, le bras est muni d'un ressort qui sans contrainte du chargeur ferme la vanne du bras, ce qui permet d'arrêter la distribution de produit en cas de malaise ressenti par chargeur.

La terminaison du bras de chargement entrera en contact avec la trappe de la citerne du camion et permettra le remplissage par le haut de la cuve. On parle alors de « tube plongeur »[6].

4.2 Chargement en source

Relativement récent, cette variante évite au chargeur de monter sur le camion-citerne, ce qui permet de prévenir les incidents, et permet également une comptabilité plus précise, ceci afin de lutter contre les émissions de composés organiques volatils. En effet, lors des chargements par le dôme, une fraction du produit s'évapore. Le chargement se fait par le bas de la cuve au moyen de bras articulés munis de connecteurs standardisés permettant une bonne étanchéité[6].

5 L'activité de déchargement

Le déchargement d'hydrocarbures à partir d'un wagon-citerne est l'opération qui consiste à transférer les liquides hydrocarbures, tels que le pétrole brut, l'essence, le diesel, etc., contenus dans un wagon-citerne, vers une installation de stockage ou un autre moyen de transport. Ce processus est généralement réalisé en utilisant des équipements spécialisés tels que des pompes, des tuyaux et des vannes, contrôlés par des opérateurs formés[6].

6 Les équipements du poste chargement / déchargement

- Bras de chargement : il s'agit de l'équipement principal assurant le transvasement du carburant dans les camions citernes
- Passerelles de chargement : utilisé par l'opérateur pour accéder au camion-citerne
- Les escaliers : servant pour monter sur la passerelle de chargement
- Vannes du bras de chargement / déchargement : servant à ouvrir le passage du produit.
- Pompe : permettant de transférer le produit du bac vers le poste de chargement.

Chapitre 01 Généralités sur la chaîne de production et distribution des carburants au sein de l'Entreprise NAFTAL

- La mise à la terre : pour éliminer la charge statique générée par l'écoulement du fluide à l'intérieur des citernes.
- Camions citernes : pour transporter le carburant.
- Cuvettes récupération de produit : cas de fuite, débordement ...
- Bouche de déchargement
- Boite de dérivation électrique, bouton poussoir et éclairage : employé pour la mise en marche/arrêt des pompes et la commande éclairage pour une bonne visibilité.
- Les équipements d'intervention : les extincteurs, réseaux anti incendie.

Ces équipements sont essentiels pour assurer un chargement / déchargement sûr et efficace des hydrocarbures dans un réseau de carburant, tout en garantissant la qualité du carburant et en minimisant les risques pour l'environnement et la sécurité.

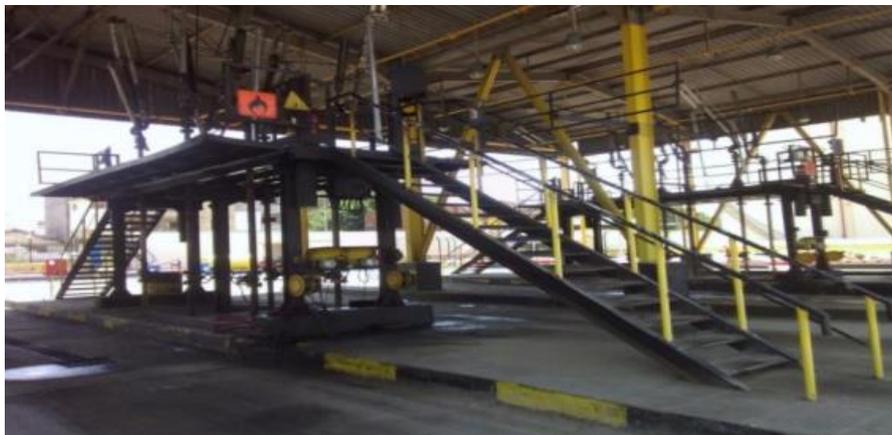


Figure 1. 5: Passerelle de Chargement

7 Distribution du carburant

La distribution consiste à remplir les fonctions qui font passer le produit de son état de production, La distribution est l'ensemble des activités réalisées par le fabricant avec ou sans le recours à d'autres institutions, à partir du moment où les produits sont finis et attendant d'être écoulés jusqu'au moment où ils sont en possession du consommateur final et prêts être consommés au lieu, au moment, sous les formes et dans les quantités correspondantes aux besoins des utilisateurs. Cette définition donne une image très simple de la distribution que l'on peut visualiser ainsi :

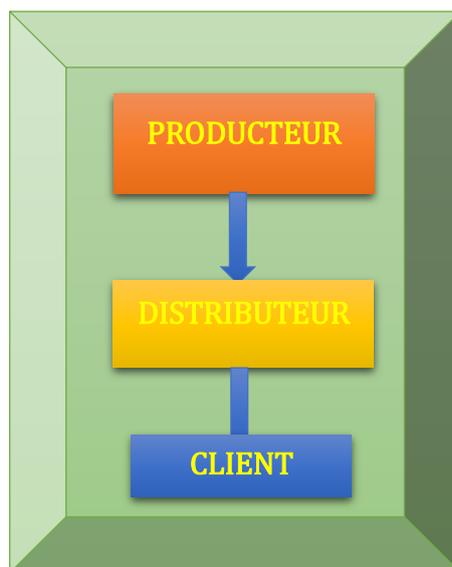


Figure 1. 6: Définition de la Distribution[7]

Conclusion

La chaîne de distribution et de production de carburant de NAFTAL incarne un réseau complexe et essentiel pour assurer l'approvisionnement énergétique en Algérie, Dans cette présente recherche nous avons décrit la production et la distribution du carburant et la gestion efficace du transport, stockage, et des opérations de chargement et déchargement.

Chapitre 02 :

Pompes centrifuges : Notions

Essentielles et Caractéristiques

Introduction

Les pompes centrifuges jouent un rôle crucial dans une multitude de systèmes de pompage grâce à leur simplicité, leur efficacité et leur adaptabilité. Leur conception ingénieuse et leur fonctionnement fiable en font un choix privilégié pour de nombreuses applications de transfert des fluides.

Dans ce chapitre nous allons vous montrer la définition, les types, et le fonctionnement des pompes centrifuges. Ensuite nous allons vous exposer la station de pompage et expliquer son principe fonctionnement.

1 Définition

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide par la conversion de l'énergie cinétique de rotation à l'énergie hydrodynamique de l'écoulement de fluide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulseur (souvent nommée improprement turbine).

C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulser, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement[8].



Figure 2. 1 : pompes centrifuge[10]

2 Types de pompe centrifuge

Les pompes centrifuges peuvent être classées en deux sorts :

- Les pompes monocellulaires.
- Les pompes multicellulaires.

2.1 Les pompes monocellulaires

Elles sont composées d'une seule cellule (une roue à aube + diffuseur)[8].

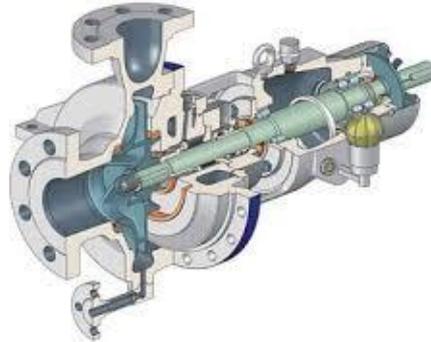


Figure 2. 2 Pompe monocellulaire

2.2 Les pompes multicellulaires

Le collecteur de la première cellule conduit le fluide dans la roue de la seconde et ainsi de suite. Lorsque le fluide arrive dans la seconde roue, il reprend en conservant la pression déjà acquise par la première roue, de nouveau transformée en pression au contact des prochains diffuseurs[8].

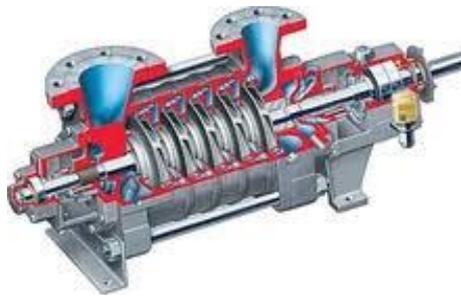


Figure 2. 3 Pompe multicellulaire

3 Composition d'une pompe centrifuge

3.1 Les composants hydrauliques

Roue à aubes : Tourne autour de son axe à grande vitesse. Le fluide qui pénètre axialement par l'ouïe est rejetée vers la périphérie de la roue par la force centrifuge. L'éjection de l'eau crée une légère dépression à l'ouïe qui permet à l'eau de l'extérieur d'entrer dans la pompe (aspiration).

Volute : La volute a pour rôle de :

- Canaliser l'eau vers la sortie de la pompe.
- Réduire les turbulences.
- Réduire la vitesse du fluide.

Le diffuseur : il a un rôle complémentaire à la volute :

- Réduire les turbulences.
- Transformer en pression une partie de la grande vitesse de fluide acquise lors de son passage à travers la roue[9].

3.2 Les composants mécaniques

Ils comprennent les éléments suivants :

- **Arbre** : il a pour fonction de porter l'impulser, d'assurer son centrage dynamique et de transmettre la puissance.
- **Palier à roulement** : il a un rôle double :
 - Assurer le centrage de l'arbre.
 - Équilibrer les efforts axiaux qui s'exercent sur l'équipage mobile.
- **Un système d'étanchéité** : il a pour fonction d'empêcher une fuite externe ou, tout au moins, d'en limiter l'importance. L'étanchéité externe peut être assurée par un système de tresses avec presse-étoupe ou par une garniture mécanique[11].

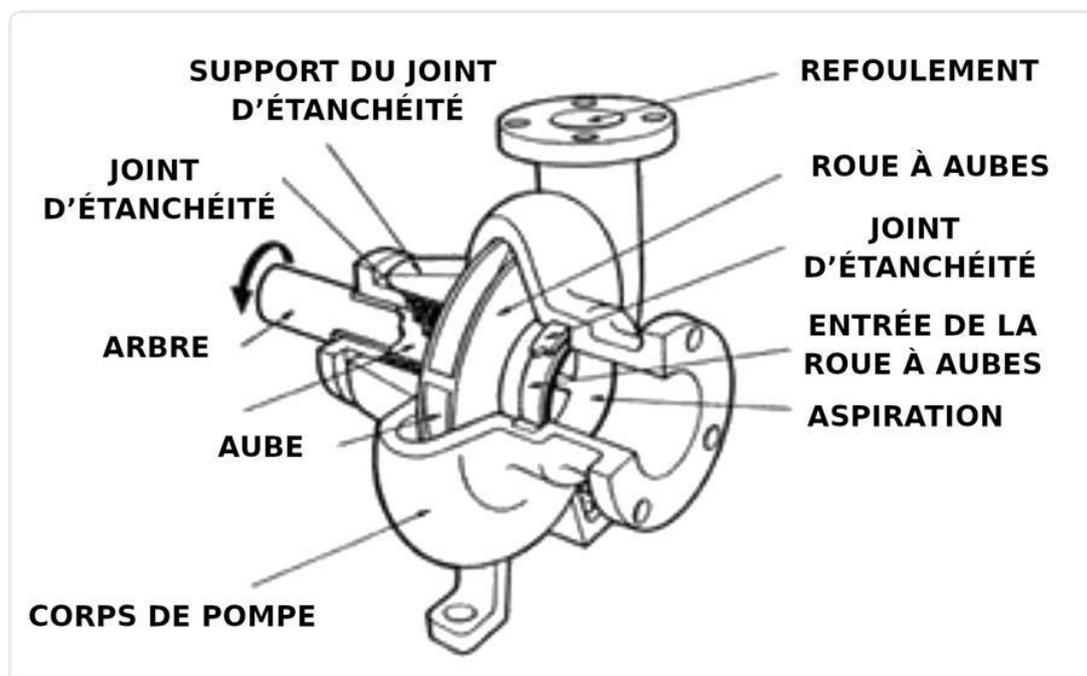


Figure 2. 4 les composantes d'une pompe centrifuge[12]

4 Principe de fonctionnement

La force centrifuge créée par la rotation de la roue transmet l'énergie au fluide aspiré, ce dernier est dirigé vers le center de l'impulseur (rotor) en rotation d'où il sera propulsé radialement vers l'extérieur par la force centrifuge, ce mouvement est ensuite converti en pression au niveau du diffuseur : l'énergie cinétique est convertie en énergie hydraulique[13].

5 Dimensionnement

Dans cette partie, nous allons aborder les différentes étapes permettant de dimensionner convenablement une pompe, pour cela, il s'agit essentiellement de :

- Satisfaire le débit d'écoulement souhaité, selon l'application ; Atteindre la hauteur manométrique requise en [m].
- Avoir un rendement optimal $\eta > 60\%$ selon la norme API610 12^{ème} édition
- Un encombrement adéquat Un NPSH adéquat afin de prévenir le phénomène de cavitation, $NPSH_{dispo} - NPSH_{requis} > 0,5$ selon la norme API610 12^{ème} édition[3].

6 Les Courbes caractéristiques de la pompe centrifuge

L'installation de la pompe dans un système de pompage exige la connaissance de ses paramètres nominaux, débit nominal Q_v et la hauteur nominale H_n .

Dans ce but, le fonctionnement des pompes est caractérisé par un ensemble de courbes appelées courbe caractéristiques, dont les plus utilisées sont :

- Hauteur-débit
- Puissance-débit
- Rendement-débit
- NPSH –débit

6.1 Courbe Hauteur manométrique totale-Débit

La courbe QH montre la hauteur manométrique que la pompe est capable de fournir à un débit donné. La hauteur est mesurée en mètre [m].

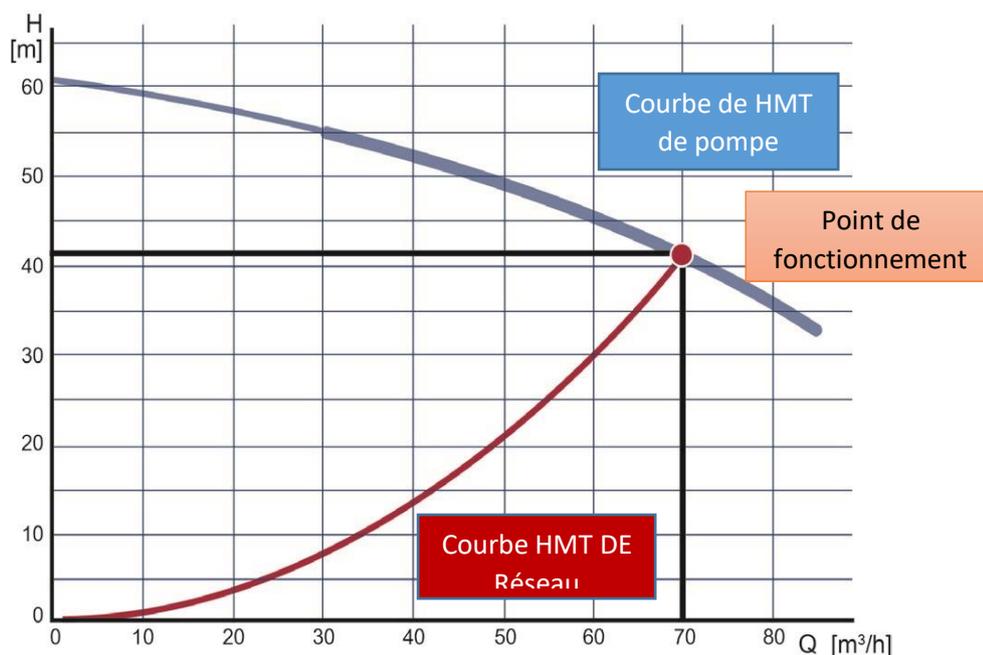


Figure 2. 5 Courbe Hauteur-Débit[14].

6.2 Courbe Puissance – Débit

Cette courbe montre la relation entre la puissance absorbée par la pompe et le débit du fluide pompé.

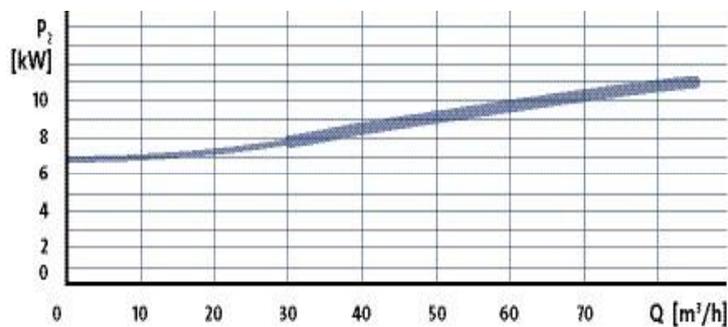


Figure 2. 6: Courbe Puissance-Débit[14].

6.3 Courbe rendement –Débit

Le rendement est la relation entre la puissance fournie et la quantité de puissance réellement utilisée. Dans le monde des pompes, le rendement η_n est la relation entre la puissance fournie par la pompe (PH) et la puissance absorbée à l'arbre.

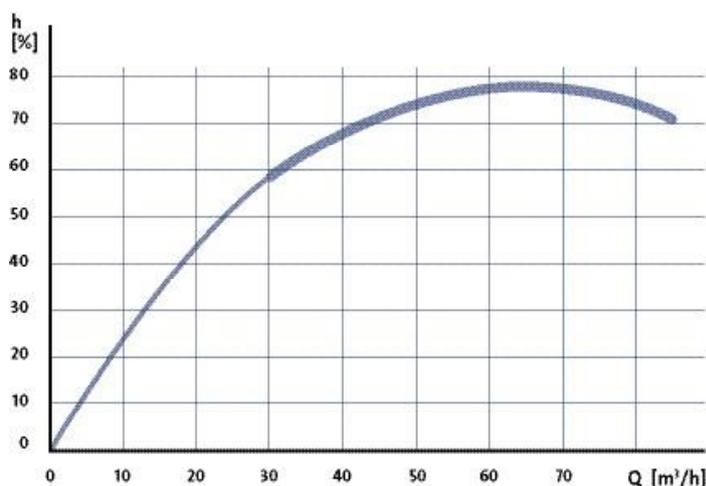


Figure 2. 7 courbe Rendement-Débit[14].

6.4 Courbe NPSH – Débit « hauteur positive nette à l'aspiration».

- NPSH est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe. A une température donnée, un liquide à une pression d'ébullition bien donnée correspond sa tension de vapeur.

Si la pression en un point de ce liquide devient inférieure à la tension de vapeur, il entre en ébullition.

- Le $NPSH_r$ requis est une donnée fournie par le constructeur. Il est généralement donné sous forme de courbe en fonction du débit [15].

- **Fonctionnement mathématiquement :**

$$NPSH = H_A - \frac{P_v}{\rho g} = \frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A - \frac{P_v}{\rho g} \quad (2.1)$$

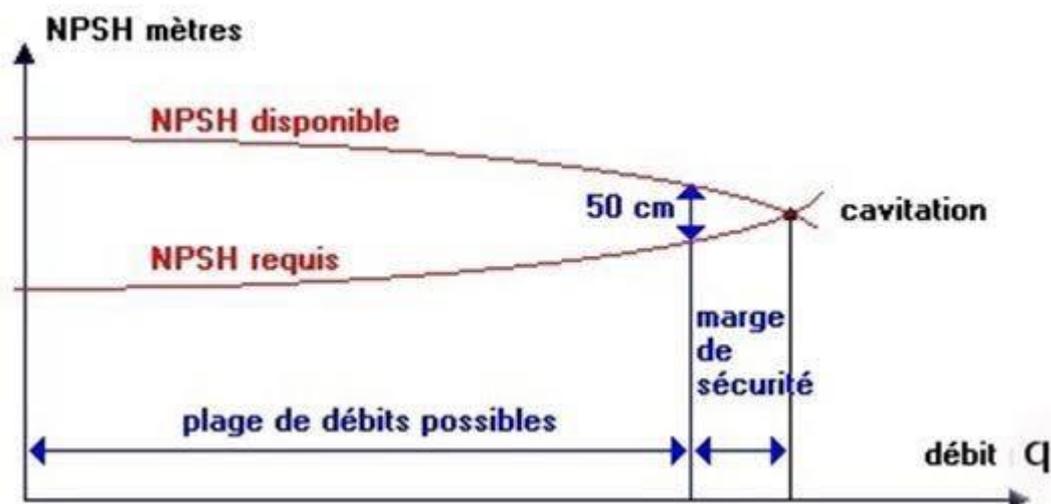


Figure 2. 8: NPSH disponible en fonction de débit[15]

Le niveau de cavitation est mesuré comme étant le point auquel l'aspiration chute de 3%, c'est pour cela qu'il faut s'assurer que le $NPSH_d$ est plus grand que le $NPSH_r$ en prévoyant une marge

Donc :

- $NPSH_{d} > NPSH_{r}$ → sans cavitation.
- $NPSH_{d} \leq NPSH_{r}$ → avec cavitation.

On estime nécessaire de se réserver une marge de sécurité de 0,5 m et donc d'avoir :

$$NPSH_d > NPSH_r + 0.5$$

7 Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe centrifuge est le point d'intersection de la courbe débit-hauteur de la pompe et de la courbe caractéristique de réseau par lequel le débit (Q_v) et la hauteur manométrique de la pompe (Hmt) sont déterminés. Le point de fonctionnement ne peut être modifié que par la modification de la courbe caractéristique de réseau ou par celle de la courbe débit-hauteur de la pompe.

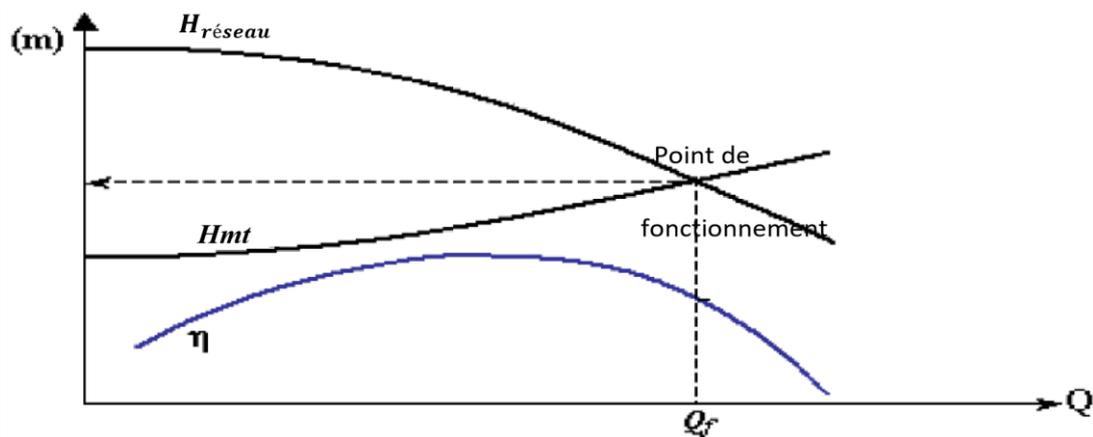


Figure 2. 9: Point de fonctionnement[16]

8 Problème de Cavitation

Mécaniquement, on peut définir la cavitation par la rupture du milieu continu de liquide sous l'effet de contraintes excessives. Énergétiquement, La cavitation est la vaporisation d'un liquide soumis à une pression inférieure à sa pression de vapeur.

Ce phénomène se manifeste par la formation au sein de l'écoulement, de bulles, de poches, de tourbillons ou de torches de vapeur

En d'autres termes, C'est la formation de bulles de vapeur au sein d'un milieu liquidien initialement homogène lors d'une baisse brutale de la pression, à température constante. [17]



Figure 2. 10: phénomène de cavitation

8.1 Effets de la cavitation

La cavitation peut avoir des effets néfastes sur les équipements et les structures, comme :

- **Bruit de cavitation** : La toute première manifestation de la cavitation est l'apparition d'un bruit, plus ou moins fort selon son développement.
- **Pertes de performances** : Pour des poches de vapeur encore plus développées, les pompes subissent des chutes de leurs performances (hauteur totale d'élévation, rendement, puissance) qui les rend inutilisables.
- **Vibration** : Des vibrations entraînant une usure prématurée des paliers et de la butée et, à la limite, une rupture de l'arbre due au balourd hydraulique créé par un remplissage inégal en liquide de chaque canal de la roue.
- **Erosion** : L'érosion de cavitation se caractérise par un aspect rugueux de la surface attaquée. Elle est en fait le résultat d'un martèlement répété provoqué par des ondes de chocs issus de l'implosion de cavités de vapeur. Cette charge répétée du matériau va provoquer des microfissures.

Pour éviter la cavitation, il faut par conséquent de préférence :

- Monter la pompe en charge (pour que la hauteur h soit négative et de valeur absolue maximale).
- Travailler à basse température (où la pression de vapeur saturante P_{vap} est plus faible).
- Limiter les pertes de charge ΔP_{fasp} sur le circuit d'aspiration (et notamment éviter d'y placer une vanne)[18].

9.1 Les pertes de charges

9.1.1 Définition

Perte de charges la charge hydraulique fait référence à la quantité d'énergie potentielle, de pression et cinétique dans un système hydraulique sous pression. si on ne considère pas les pertes d'énergie causées par le frottement[19].

9.1.2 Les pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières résultent de la présence de Différentes structures (coudes, raccords, branchements, vannes...etc.).

Tous ces éléments (singularités) installés le long de la canalisation constituent des obstacles qui freinent le passage du fluide et provoquent des pertes de charge.

9.1.3 Les pertes de charges linéaires

Les pertes de charge linéaire sont causées par l'interaction entre le fluide en déplacement et par la paroi de conduite plus ou moins rugueuse

10 La station de pompage

L'activité principale de la station de pompage est la réception et le pompage des hydrocarbures liquides transportés par l'oléoduc depuis le Terminal Départ jusqu'au Terminal Arrivée.

Une salle de pompage comprend généralement plusieurs équipements essentiels pour assurer le bon fonctionnement du système de pompage. Voici les principaux équipements que l'on peut y trouver :

Pompes centrifuges : Utilisées pour déplacer les fluides en utilisant la force centrifuge.

Pompes volumétriques : Déplacent les fluides par déplacement mécanique, comme les pompes à piston ou à membrane.

Moteurs électriques : Alimentent les pompes pour leur fonctionnement.

Vanne a opercule : Contrôlent le débit et la pression du fluide.

Conduites d'aspiration : Transportent le fluide de la source vers les pompes.

Conduites de refoulement : Acheminent le fluide pompé vers le point de destination.

Filtres : Retiennent les particules solides pour protéger les pompes.

Manomètres : Mesurent la pression du fluide dans le système.

Débitmètres : Mesurent le débit du fluide.

Niveaux électroniques : Mesurent le niveau du fluide dans les réservoirs.

Soupapes de sécurité : Protègent le système contre les surpressions.

Groupes électriques : Fournissent une source d'alimentation de secours en cas de panne de courant.

Ces équipements, en combinaison, assurent le bon fonctionnement, la sécurité et l'efficacité de la salle de pompage.

9.1 Choix de l'équipement de pompage

Le choix de l'équipement de pompage va résulter d'une analyse fine des éléments constituant le du circuit du liquide à transporter par exemple : la différence d'altitude, les pressions des réservoirs, la nature et la température du liquide, la présence d'accidents, le matériau et les caractéristiques géométriques de la canalisation, Cette analyse va permettre de déterminer la hauteur manométrique totale (HMT) nécessaire pour le débit souhaité ainsi que le $N.P.S. H_{dispo}$. L'utilisation des caractéristiques des pompes fournies par le constructeur intervient alors pour choisir une pompe remplissant toutes les exigences.

10 Les normes applicables

10.1 API 610

Une norme de pompe pour les pompes centrifuges dans les industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel. API, acronyme de l'American Petroleum Institute, est une organisation qui élabore des normes techniques pour les industries pétrolières et gazières.

10.2 API 686

Une norme pour les installations des machines et du montage.

10.3 ASME B31.3

Définit les exigences pour la conception, les matériaux, la fabrication, le montage, l'essai, l'inspection, l'exploitation et l'entretien des réseaux de tuyauteries industrielles (process piping)[3].

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les notions essentielles des pompes centrifuges et leurs types qui permettent de bien faire le choix de la pompe, ensuite, nous avons présenté les courbes caractéristiques des pompes, le NPSH ainsi le phénomène de cavitation, finalement, la station de pompage et choix des équipements

Chapitre 03 :

Description de réseau carburant

BISKRA

Introduction

Les salles de pompage jouent un rôle important dans l'industrie des hydrocarbures en facilitant le déplacement efficace des liquides essentiels (essence, gasoil...). Leur fonction principale est de maintenir et de contrôler les flux de liquides à travers les pipelines et les systèmes de distribution, assurant ainsi la continuité des opérations de production et de transport.

Le présent chapitre traite l'objectif et la problématique du projet ainsi la description de station de pompage et les équipements du réseau carburant, avec le choix de site et choix de conditions des services.

1 Objectifs de projet

- Ce projet est pour but remise en conformité des installations de pompes au niveau du dépôt carburant.
- Assurer un débit continu avec une pression et vitesse bien déterminée selon la demande d'exigence de la station.
- Vérifier la possibilité de chargement et déchargement d'hydrocarbure à l'aide de logiciel PIPEFLOW.
- Avoir un pompage parfait des fluides et éviter le problème de cavitation.
- Améliorer l'efficacité énergétique.
- Calculer le cas le plus défavorable.

2 Problématique de projet

L'état énergétique de la salle de pompage de ce réseau de distribution est actuellement en panne (obsolète) c'est d'après l'historique de société NAFTAL, cette salle de pompage a subi plusieurs pannes majeures, provoquant des interruptions dans la distribution ont été attribuées à des défaillances mécaniques des pompes, ces pannes ont entraîné non seulement des perturbations dans le service, mais aussi des coûts de réparation et de maintenance élevés.

3 Site de dépôt CBR BISKRA

Le dépôt NAFTAL se trouve à BISKRA, précisément dans la zone de SIDI GHAZEL, à 5 km au sud du centre de la ville :

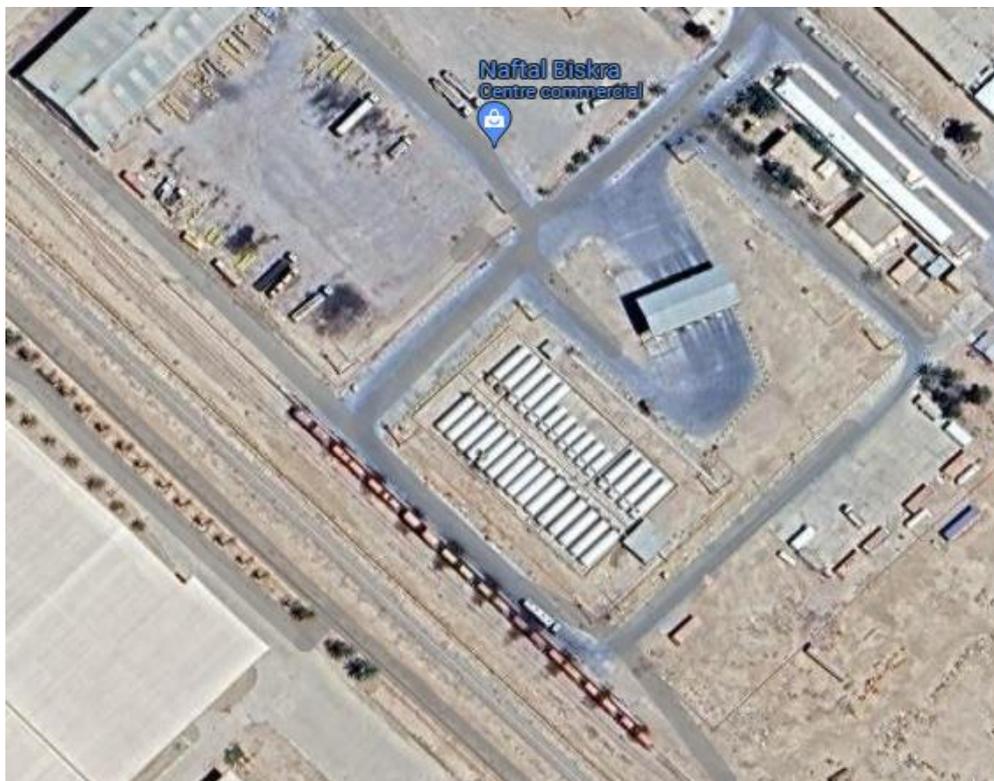


Figure 3. 1: localisation CBR Biskra

4. Choix des conditions de service

Pour un projet de ce type, en l'occurrence de station de pompage, les conditions de services des pompes seront prises comme suit :

- Température du fluide : 20°C
- Fluide écoulé : Essence & Gasoil.
- Durée de chargement camion-citerne : une moyenne de 10min.
- Plage de variation de débit : 0 – 200 m³/h max.
- Vitesse d'écoulement du fluide (hydrocarbure) en canalisation : entre 0,5 à 3 m/s.
- Pression de vapeur saturante de l'essence : 80 KPa.

5. Le réseau carburant BISKRA

Pour le bon fonctionnement dans la station de pompage du dépôt carburant, les équipements qui sont mise à la disposition sont :

5.1 Canalisations

Les canalisations jouent un rôle essentiel dans cette station, car on doit dimensionnées correctement pour minimiser les pertes de charge, maximiser le débit, leurs propriétés :

- Pression atmosphérique P_{atm} : $1,013 \times 10^5$ Pa
- Nuance d'acier de la tuyauterie : API 5L Gr B
- Classe de la tuyauterie : 150 Lbs
- Epaisseur de la tuyauterie : Sch s40
- Coefficient de la rugosité du pipe $\varepsilon = 0.046$ mm
- Accélération de la pesanteur g : $9,81 \text{ m/s}^2$

5.1.1 Diamètre utilisée

Selon les données fournies par NAFTAL, et en réponse à leur demande, nous avons utilisé les diamètres de l'ancienne salle des pompes, ces diamètres correspondent aux caractéristiques des pompes présentées en annexe.

Diamètres des tubes :

- Diamètre de la tubulure d'entrée des cuves : **3"**
- Diamètre des collecteurs d'entrées des cuves : **6"**
- Diamètre de la tuyauterie d'aspiration des pompes de chargement ($100\text{m}^3/\text{h}$) : **4"**
- Diamètre de la tuyauterie de refoulement des pompes de chargement ($100\text{m}^3/\text{h}$) : **4"**
- Diamètre de la tuyauterie d'aspiration des pompes de déchargement ($60\text{m}^3/\text{h}$) : **4"**
- Diamètre de la tuyauterie de refoulement des pompes de déchargement($60\text{m}^3/\text{h}$):**4"**

5.2 Pompage

5.2.1 Caractéristiques ancienne salle des pompes

- 08 pompes : 02 pour gasoil 02 pour essence (chargement et déchargement)
- Débit de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ pour chaque pompe
- Obsolescence des pompes (mise en service en 1980) et manque de pièces de rechange sur le marché.
- HMT : 45m pour chaque pompe.
- 1m d'élévation



Figure 3. 2 Ancienne salle des pompes

5.2.2 Caractéristiques nouvelle salle de pompage

Pour pré dimensionner ce réseau on doit calculer choix de pompe pour avoir combien de nombre des pompes à faire et pour obtenu le débit souhaité.

D'après l'historique de NAFTAL voici quelque donnés utiles pour calculer le nombre de pompes qu'on doit installer

- Temps de chargement d'un camion-citerne : 10 min
- Capacité de camion-citerne : $45 m^3$
- Débit de pompe utilisé : $100 m^3/h$
- Deux camion-citerne doivent être chargé à la fois

Temps de chargement en heures : On prend la moyenne de 10 heures

$$10\text{min} = \frac{10}{60} \text{ heures} = 0.16 \text{ heures}$$

Nombres de camions chargés par heure : (Pour chaque station de chargement 2 camions simultanés) on a :

$$\frac{1\text{heure}}{0.16 \text{ camion par heure}} \times 2 = 13 \text{ camions}$$

Nombre de camions chargés en 10 heures : $13 \text{ camions} \times 10 \text{ heures} = 130 \text{ camions}$

Calcul de volume total fourni par jour : Chaque camion a une capacité de $45m^3$ le volume

Total d'hydrocarbure consomme par jour est :

Chapitre 03 Description de réseau carburant BISKRA

$$V_t = C \times N_c \quad (3.1)$$

$$V_t = 45 \times 130 = 5850 \text{ m}^3$$

Avec : V_t : volume total m^3

C : Capacité par camion

N_c : nombres de camions total

Calcul de Débit continu Pour fournir $5850 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ d'hydrocarbure en 10 heures :

$$\text{Débit continu} = \frac{5850 \text{ m}^3}{10 \text{ heures}} = 585 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.2)$$

$$\text{Nombre de pompes principales} = \frac{\text{débit continu}}{\text{débit d'une pompe}} = 5.8$$

A propos l'opération de déchargement des camions citernes envers les cuves on a les données suivantes :

- 30 cuves, Capacité de : 24 ($100 \text{ m}^3/\text{h}$) et 6 ($60 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Temps de déchargement d'un wagon-citerne : 15 min
- Poste de déchargement : 10
- Capacité de wagon-citerne : 60 m^3
- Débit de pompe utilisé : $60 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\text{Volume total des wagons-citernes : } V_t = 10 \times 60 \text{ m}^3 = 600 \text{ m}^3 \quad (3.4)$$

$$\text{Capacité totale des cuves de stockage : } V_{t,cuves} = (24 \times 100 \text{ m}^3) + (6 \times 60 \text{ m}^3)$$

$$V_{t,cuves} = 2400 \text{ m}^3 + 360 \text{ m}^3 = 2760 \text{ m}^3$$

Débit nécessaire pour décharger un wagon :

$$\text{Pour décharger un wagon de } 60 \text{ m}^3 \text{ en 15 minutes : } Q = \frac{60 \text{ m}^3}{\frac{1}{4} \text{ h}} = 240 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.5)$$

Calcul de Débit continu Pour fournir 2760 m^3 d'hydrocarbure en 10 heures :

$$\text{Débit continu} = \frac{2760 \text{ m}^3}{10 \text{ heures}} = 276 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.6)$$

$$\text{Nombre de pompes principales} = \frac{\text{débit continu}}{\text{débit d'une pompe}} = 4$$

Chapitre 03 Description de réseau carburant BISKRA

Remarque : selon les résultats de cette étude, il a été déterminé que 10 pompes sont nécessaires pour atteindre le débit total souhaité. Parmi celle-ci on a 6 pompes de $100\text{ m}^3/\text{h}$ pour le chargement des camions citerne et 4 pompes de $60\text{ m}^3/\text{h}$ pour le déchargement des wagon citerne.

Cette proposition a été soumise à la société NAFTAL, qui l'a acceptée. Bien sûr que toutes les pompes n'étant pas mises en marche simultanément, il est justifié par la nécessité de gérer deux fluides différents et de répondre à plusieurs scénarios opérationnels.

5.2.3 Caractéristiques principales d'une pompe de $100\text{ m}^3/\text{h}$

Données par le constructeur

Type	ERP 80-200
Débit	$100\text{ m}^3/\text{h}$
HMT	45m
Puissance	15kw
Efficacité	63.3 %
TPM	2950
Fluide	Essence, gasoil
Température	20°C
NPSH requis	3.71

Tableau 3. 1 Caractéristiques de la pompe $100\text{ m}^3/\text{h}$

5.2.4 Caractéristiques principales d'une pompe de $60\text{ m}^3/\text{h}$

Données par le constructeur

Type	TKH
Débit	$60\text{ m}^3/\text{h}$
HMT	37m
Puissance	8.5kw
Efficacité	52.4 %
TPM	1450
Fluide	Essence, gasoil
Température	20°C
NPSH requis	1.52

Tableau 3. 2 Caractéristiques de la pompe $60\text{ m}^3/\text{h}$

5.3 Les différents équipements de réseau existant

5.3.1 Nouvelle abri pompe chargement-déchargement

- 6 Electro pompes centrifuges : débit $100\text{ m}^3/\text{h}$
- 4 Electro pompes centrifuges : de débit $60\text{ m}^3/\text{h}$

Chapitre 03 Description de réseau carburant BISKRA

- Chaque pompe constitue de : 2 vannes à opercule / manomètre / filtre / clapet.

5.3.2 Poste de déchargement et chargement

- Wagon citerne
- Tuyaux flexibles avec raccord rapide.
- Un poste de chargement camion constitue de 4 bras de chargement, deux pour le gasoil et deux pour l'essence.

5.3.3 Poste de stockage

- Un total de (30) cuves
- (17) cuves : capacités de 100 m³ pour le stockage de GASOIL
- (13) cuves : 07 de capacité de 100 m³ et 06 de 60 m³ pour le stockage d'ESSENCE

6. Conception de la nouvelle salle des pompes

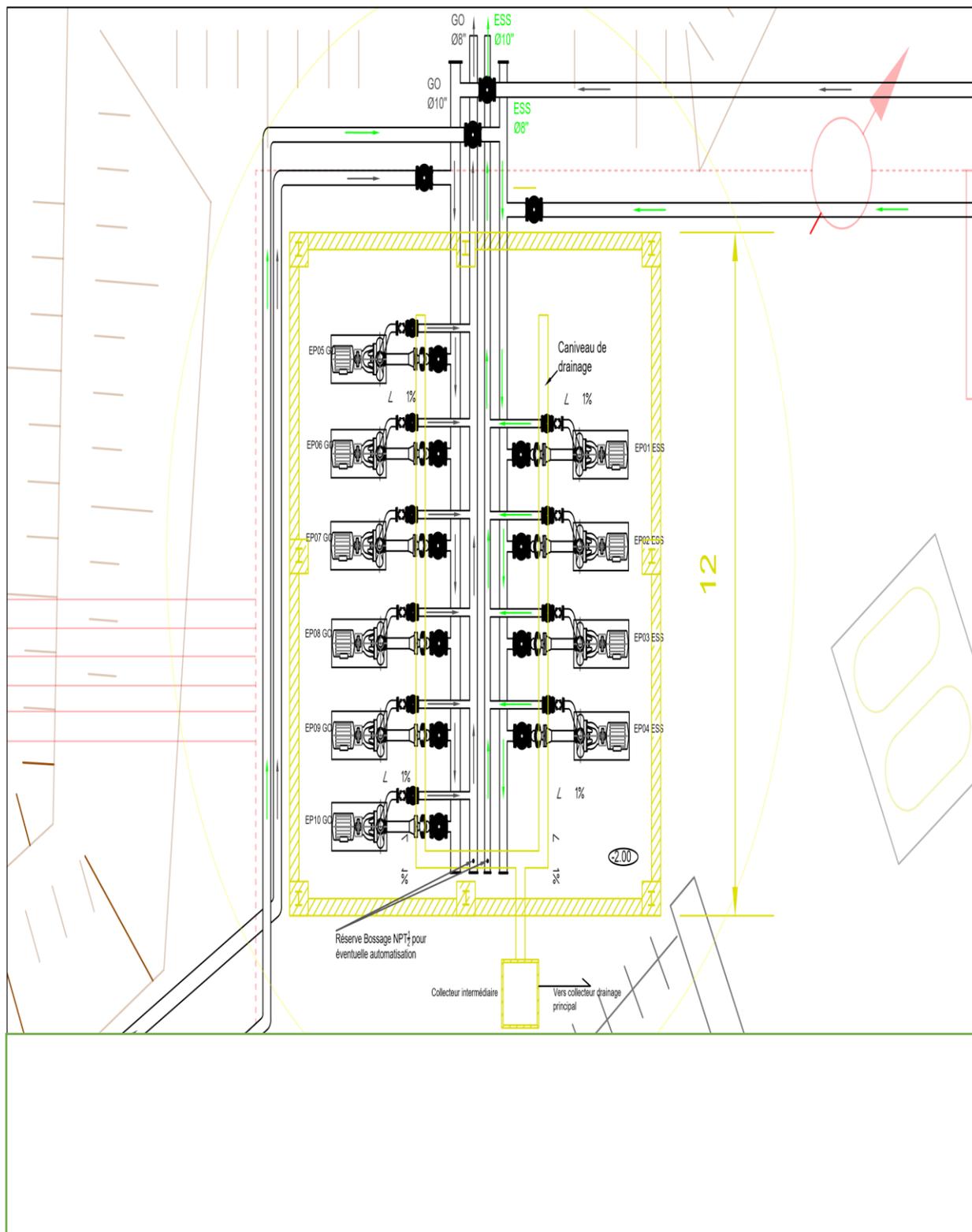


Figure 3. 3 plans salle pompage

7. Sécurité et prévention des risques

7.1 Sécurité de la pompe :

Le rôle de la sécurité des pompes plisse d'une manière très intéressante en évitant la présence des accidents et l'endommagement du matériel et des équipements. La sécurité de la pompe doit être établie suivant deux périodes :

- Avant de mettre la pompe en marche.
- Pendant la période de fonctionnement de la pompe.

Sécurité avant de mettre la pompe en marche il faut :

- Vérifier les dispositifs, leur fixation et système de lubrification.
- Fermer la vanne de refoulement et ouvrir celle d'aspiration.
- Au moment de démontage de la pompe quand la vanne d'aspiration, il est recommandé de laisser la vanne d'aspiration ouverte tout le temps de réparation, il est aussi suggéré d'utiliser un dispositif empêchant le démarrage de la pompe quand la vanne d'aspiration est fermée.
- Vérifier l'état des conduites d'aspiration et de refoulement pendant et avant le démarrage de la pompe.

Sécurité de la pompe pendant le fonctionnement Pendant la mise en marche de la pompe,

Il faut :

- Consulter les appareils de contrôle.
- Surveiller les dispositifs la lubrification de la partie d'entraînement
- Contrôler les vibrations de l'ensemble pompe moteur à l'aide d'indicateur.
- Pour la sécurité et la condition de production il faut instituer une pompe en réserve lors d'une panne de la pompe en service[20].

Conclusion

Pour conclure ce chapitre consacré à la description du dépôt carburant et ses différents équipements et présenté les caractéristiques des pompes utilisées ainsi les préventions de risques d'une pompe

Chapitre 04 :

Approche Théorique et Numérique

1 Approche théorique

1.1 Introduction

Notre diagnostic de performances des pompes est basé sur des relations mathématiques et les fiches techniques obtenus de la part des entreprises mondiales spécialisées dans la fabrication des différentes pompes (FLOWSERVE), par la suite, ils font des essais sur un banc d'essai universel pour construire les courbes caractéristiques pratiques des pompes afin de déterminer leurs zones de bon fonctionnement bien sûr dans les conditions favorables du banc.

1.2 Objectif :

Dans cette note de calcul, nous allons déterminer les conditions les plus critiques pour assurer le bon fonctionnement de la pompe. Nous nous focaliserons sur le scénario le plus défavorable, caractérisé par une longueur de tuyau maximale, un diamètre minimal, et le nombre maximum d'équipements installés, afin de garantir des vitesses faibles et stables.

Étant donné les limitations pratiques, nous procéderons à l'analyse d'un seul cas représentatif. Ensuite, nous comparerons les résultats obtenus avec ceux simulés par *PipeFlow* pour valider notre approche.

Remarque : Notre travail s'est déroulé en parallèle avec l'utilisation du logiciel de simulation

1.3 Application :

Pour optimiser notre application, nous avons utilisé les diamètres fournis par la société NAFTAL et les avons intégrés dans le logiciel PIPE FLOW. Les résultats du logiciel montrent que les diamètres actuels produisent une vitesse élevée, ce qui ne correspond pas à notre objectif de réduire la vitesse.

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

1.3.1 Résultats de vitesse d'après un essai sur logiciel PIPE FLOW

Pipe name	Fluid zone	Inner diameter	length	Vol flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Friction loss	Dp total loss	Entry pressure	Exit Pressure
P1	GASOIL	0.254	10	0.0125	6.25 (High Velocity)	0.146	0.02	0.0208	0.0008
P2	GASOIL A	0.1022	7	0.0167	5.14 (high Velocity)	0.073	0.0031	0.4671	0.473
P3	GASOIL R	0.1022	7	0.0028	5.95 (High Velocity)	0.001	0.007	0.0306	0.0376
P4	GASOIL A	0.1022	5	0.0167	5.23 (High Velocity)	0.008	0.109	0.473	0.346
P5	GASOIL R	0.1022	7	0.0199	6.25 (high Velocity)	0.026	0.0504	0.3232	0.2729
P6	GASOIL	0.254	10	0.019	5.87 (High Velocity)	0.744	0.106	0.471	0.365

Tableau 4.1. 1 Résultats de vitesse PIPEFLOW

Pour atteindre notre objectif, nous devons augmenter les diamètres afin de réduire la vitesse après pas mal des essais à base de :

Vitesse d'aspiration et refoulement ne dépasse pas 2.5 (m/s) avec un maximum de 3 (m/s)

- Diamètre de la tubulure d'entrée des cuves : **3"**
- Diamètre des collecteurs d'entrées des cuves : **10"**
- Diamètre de la tuyauterie d'aspiration des pompes de chargement (100m³/h) : **8"**
- Diamètre de la tuyauterie de refoulement des pompes de chargement (100m³/h) : **6"**
- Diamètre de la tuyauterie d'aspiration des pompes de déchargement (60m³/h) : **6"**
- Diamètre de la tuyauterie de refoulement des pompes de déchargement(60m³/h): **4"**

D'après le plan de réseau carburant réaliser avec le logiciel AUTOCAD, nous allons considérer le cas le plus défavorable pour chaque pompe :

- Pompe de 60m³/h on prend le cas le plus défavorable de : **6"**
- Pompe de 100m³/h on prend le cas le plus défavorable de : **8"**

1.4 Diagnostic relatif au bon fonctionnement (performance) :

1.4.1 Coefficient de perte de charge singulière K

Les équipements	Facteur K
Vanne a opercule.	0,14
Coude	0,53
Filtre en Y	1
Clapet anti-retour	2

Tableau 4.1. 2 Coefficient des pertes de charge

1.4.2 Calculs des pertes de charge à l'aspiration cas chargement 8''

1.4.2.1 Calcul de la vitesse d'écoulement :

La vitesse d'écoulement est calculée par la formule suivante : $V = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi D^2}$ (4.1)

- Q: débit : 100 (m^3/h) : 0.027 (m^3/s).
- S : la section d'une conduite.
- D : diamètre en m.

On a :
$$V = \frac{4 \times 0.027}{\pi \times 0.205^2} = 0.81 \text{ m/s}$$

1.4.2.2 Calcul du nombre de Reynolds :

On calcule des Reynolds critiques en utilisant la formule suivante : $Re = \frac{D V}{\vartheta}$ (4.2)

- D : diamètre en m.
- V : vitesse d'écoulement (m/s).
- ϑ : Viscosité cinématique d'essence.

On a :
$$Re = \frac{0.205 \times 0.81}{6 \times 10^{-7}} = 1361.76$$

Pour ce résultat, nous sommes probablement dans la zone d'écoulement laminaire, car est généralement considérée comme laminaire pour $Re > 2000$.

Dans le régime laminaire, le facteur de friction $\lambda = \frac{64}{Re}$ (4.3)

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

En appliquant cette formule : $\lambda = \frac{64}{1361.76}$

$$\lambda = 0.047$$

Avec : $\lambda = 4f$ d'où $f = \frac{\lambda}{4} = 0.012$

1.4.2.3 Calcul de la perte de charge linéaire :

On calcule la perte de charge linéaire par la formule suivante :

$$\Delta Pl = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (4.4)$$

- Longueur tuyau = 7m.
- Diamètre = 0.205m.
- Vitesse du fluide = 0.81 m/s.
- $f = 0.01$.

$$\Delta Pl = 0.012 \frac{10 \cdot 0.81^2}{0.205 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

$$\Delta Pl = 0.019 \text{ Pa}$$

1.4.2.4 Calcul de la perte de charge singulière :

On calcule la perte de charge singulière par la formule suivante : $\Delta Pl = K \rho \frac{V^2}{2}$ (4.5)

- Vitesse du fluide $V = 0.81 \text{ m/s}$.
- Densité du fluide : 765 kg/m^3 .
- Coefficient de perte de charge singulière K , qui est égale à la somme des coefficients mentionnés sur le tableau 1.

$$K = 0.18 + 2 \times 0.14 + 2$$

$$\text{Donc : } K = 3.28$$

$$\Delta Ps = 3,28 \cdot 765 \cdot \frac{0.81^2}{2}$$

$$\Delta Ps = 821.14 \text{ Pa}$$

1.4.2.5 Calcul des pertes de charge total à l'aspiration :

$$\Delta Pt = \Delta Pl + \Delta Ps$$

$$\Delta Pt = 821.14 + 0.019$$

$$\Delta Pt = 821.14 \text{ Pa} = \mathbf{0.081 \text{ m}}$$

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

1.4.3 Résultats des pertes de charge

	Chargement (Q=100m ³ /h)		Déchargement (Q=60m ³ /h)	
	8''(ASP)	6'' (ref)	6''(ASP)	4'' (ref)
D	8''(ASP)	6'' (ref)	6''(ASP)	4'' (ref)
L (m)	7	7	7	7
V(m ² /s)	0.81	1.48	0.91	2.05
Re	1361.76	1492.7	1302.14	1453.76
λ	0.047	0.042	0.049	0.044
f	0.012	0.021	0.012	0.011
ΔP_l (m)	0.019*10 ⁻⁴	0.28	0.0332*10 ⁻⁴	0.231*10 ⁻⁴
ΔP_s (m)	0.08	0.11*10 ⁻⁴	0.10	0.527
ΔP_T (m)	0.081	0.280	0.1028	0.5252

Tableau 4.1. 3 Résultats des pertes de charge

1.5 Calcul du $NPSH_{dispo}$ disponible pour une pompe en charge

Dans le but de bon fonctionnement de la pompe, pour éviter le phénomène de cavitation on doit calculer le $NPSH_{dispo}$ pour assurer la condition suivante :

$NPSH_d > NPSH_r + 0.5$ et ce conformément à la norme API 610 12^{ème} édition

Nous utilisons la formule suivante :

$$NPSH \text{ (en Pa)} = P_{atm} - P_v - \Delta P_t + Hh \quad (4.6)$$

- P_{atm} = Pression atmosphérique (dépend de l'altitude) en Pa
- P_v = Pression absolue (Pa) de vaporisation du fluide.
- ΔP_t = Pertes de charge de la conduite d'aspiration en Pa
- Hh = Charge hydraulique du fluide

$$\text{Avec : } Hh \text{ (En Pa)} = (9,81 * Z * \rho) \quad (4.8)$$

- ρ = masse volumique du liquide en kg/m³.
- 9.81 = Intensité moyenne de la pesanteur.
- Z = Hauteur géométrique (d'aspiration ou de refoulement ou les deux) en mètre

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

Les données : Cette valeur correspond à un débit de 100m³/h

On va prendre un $NPSH_{requis}$ de 2.14 depuis (la courbe de NPSH donné par le constructeur de pompe FLOWSERVE : test de $NPSH_r$ cité en annexe

Remarque : à propos la valeur de l'élévation on a pris de 1m d'après l'ancienne installation, nous avons calculer NPSH dispo avec une valeur des pertes de charge maximal

$$NPSH \text{ (en Pa)} = P_{atm} - P_v - \Delta Pt + Hh$$

$$NPSH_{dispo} = 10.13 - 8.15 - 0.52 + 0.7654$$

$$NPSH_{dispo} = 2.22 \text{ m}$$

1.5.1 Problématique constaté

D'après le calcul, on constate que $NPSH_d < NPSH_r + 0.5$: $2.22 < 2.14 + 0.5$ cependant, on doit obtenir $NPSH_d > NPSH_r + 0.5$ afin d'éviter le phénomène de cavitation de la pompe.

1.5.2 Solution adoptée

Afin de remédier à cette problématique, nous proposons la solution suivante :

- Faire monter la hauteur géométrique « Z », afin d'augmenter la pression hydrostatique, pour cela, il suffit de placer les pompes en dessous du niveau de sol

1.5.3 Calcul de la hauteur géométrique « Z »

$$NPSH_{requis} + 0.5 = P_{atm} - P_v - \Delta Pt + g \cdot \rho \cdot Z \quad (4.9)$$

$$Z = \frac{(NPSH_{requis} + 0.5) - P_{atm} + P_v + \Delta Pt}{g \rho}$$

$$Z = 2.32 \text{ m}$$

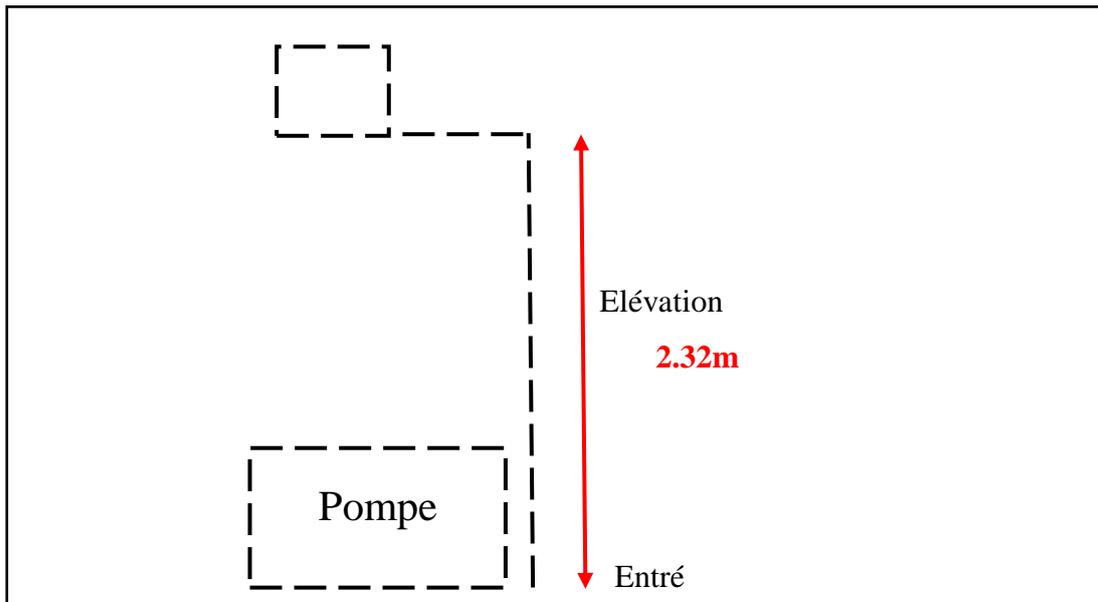


Figure 4.1. 1 schéma d'élévation

On calcule le nouveau $NPSH_{dispo}$:

$$NPSH_{dispo} = 10.13 - 8.15 - 0.52 + (0.7654 \cdot 2.32)$$

$$NPSH_{dispo} = 3.23 \text{ m}$$

Condition effectuée : $3.23\text{m} > 2.14\text{m} + 0.5$

1.6 Les courbes caractéristiques de la pompe

1.6.1 Équation caractéristique de la pompe " $100\text{m}^3/\text{h}$ "

On exprime la forme générale de la caractéristique de la pompe de par la relation suivante :

$$H_p = a - b * Q^2 \quad (4.10)$$

Avec H_p est la hauteur manométrique totale (HMT) créée par la pompe ; (a) et (b) sont des coefficients caractérisant la pompe et le régime de fonctionnement.

- De la fiche technique de la pompe on tire pour $N = 2950 \text{ tr/min}$ et $Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow H_p = 50 \text{ m.}$$

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow H_p = 45 \text{ m.}$$

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

Donc : $50 = a - b(0)^2 \longrightarrow a = 50$

$45 = 50 - b(100)^2 \longrightarrow b = 5 \cdot 10^{-3}$

D'où l'équation caractéristique de la pompe :

$$H_p = 50 - 0.0005Q^2$$

Avec : H_p (m) ; Q (m³/h).

On a :

Q (m ³ /h)	0	20	40	60	80	100
H_p	50	49.8	49.2	48.2	46.8	45

Tableau 4.1. 4 La variation de la HMT d'une pompe par rapport au débit

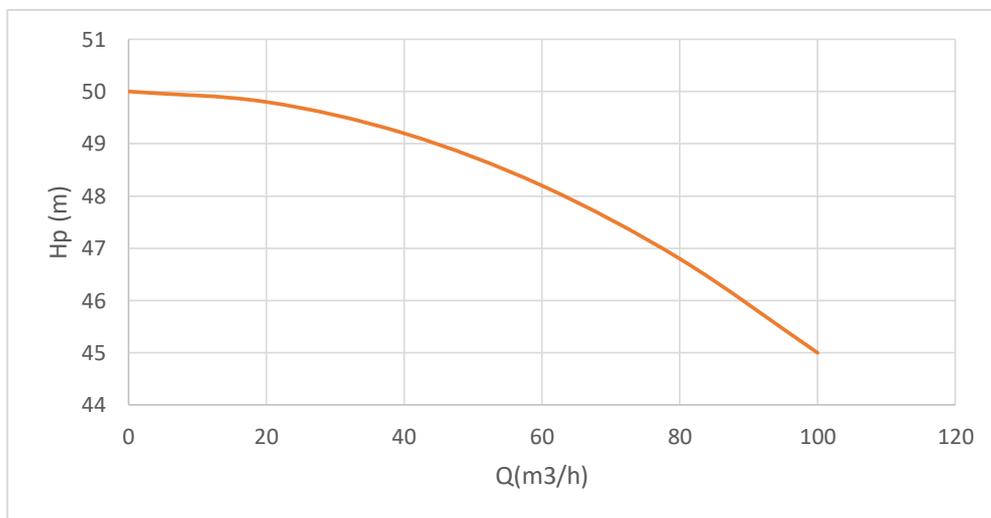


Figure 4.1. 2 HMT en fonction de débit

1.6.2 La courbe de rendement de la pompe

On tire de la fiche technique (PV d'essai) les valeurs suivantes :

Q (m ³ /h)	0	22.9	45.3	66.4	96.9	103.1	116.7
η	0	22.7	42.6	55.3	67.3	69.1	73.09

Tableau 4.1. 5 la variation de Rendement d'une pompe par rapport au débit

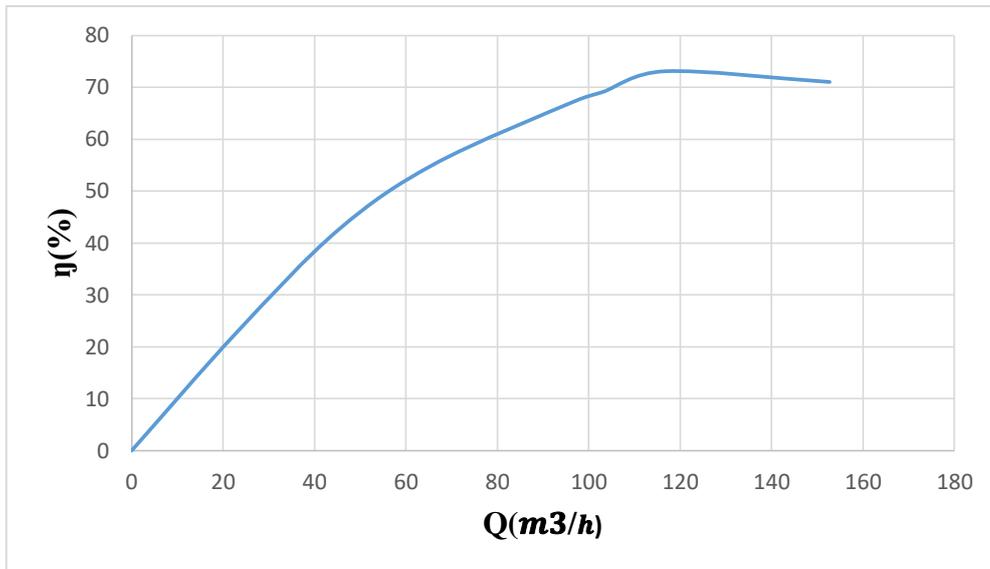


Figure 4.1. 3 Rendement en fonction de débit

1.6.3 La courbe de $NPSH_r$

On tire de la fiche technique (PV d'essai) les valeurs suivantes :

Q(m³/h)	20	40	60	80	100
NPSH_r	2.5	3.0	3.5	4.5	5.5

Tableau 4.1. 6 la variation de NPSH r d'une pompe par rapport au débit

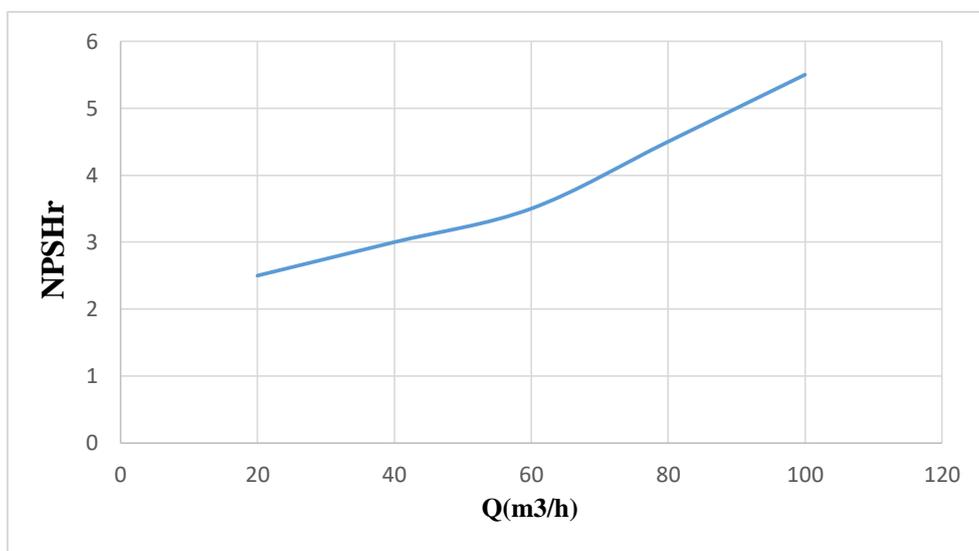


Figure 4.1. 4 NPSH requis en fonction de débit

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

1.6.4 Courbe caractéristique de puissance

On tire de la fiche technique (PV d'essai) les valeurs suivantes :

Q(m³/h)	0	22.9	45.3	66.4	96.9	103.1	116.7
P (KW)	10.9	11.2	11.7	13.1	15.07	15.4	16.1

Tableau 4.1. 7 la variation de puissance d'une pompe par rapport au débit

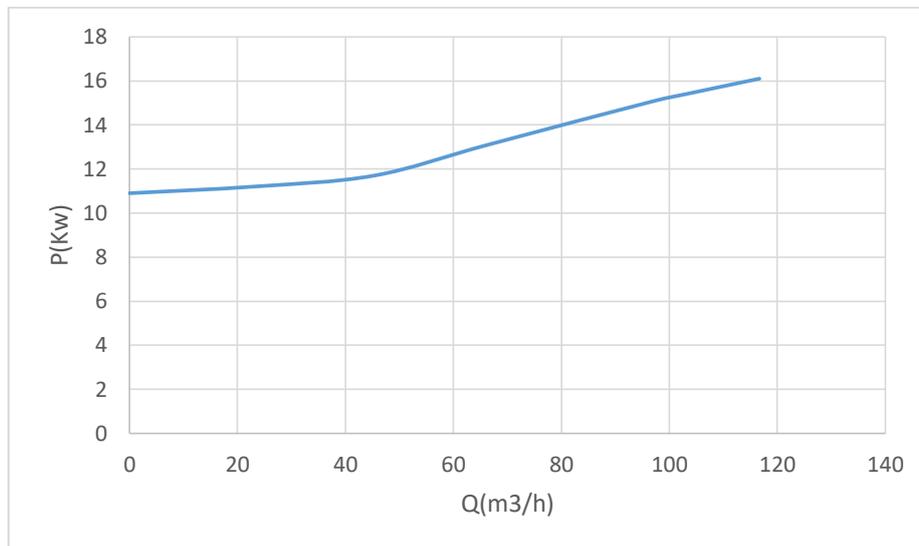


Figure 4.1. 5 puissance en fonction de débit

1.7 Courbe caractéristique du réseau

1.7.1 Équation caractéristique du réseau

La caractéristique du réseau est une parabole

$$HMT_r = Hg + \Delta P_T \quad (4.10)$$

La forme générale de la caractéristique du réseau est exprimée par la relation suivante :

$$\Delta P_T = \Delta P_{t_{Asp}} + \Delta P_{t_{Ref}} \quad (4.11)$$

- ΔP_T Est la perte de charge totale, décomposée en deux contributions :
 - $\Delta P_{t_{Asp}}$: Perte de charge à l'aspiration.
 - $\Delta P_{t_{Ref}}$: Perte de charge au refoulement.

$$\Delta P_T = (\Delta P_S + \Delta P_L)_{Asp} + (\Delta P_S + \Delta P_L)_{Ref} \quad (4.12)$$

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

$$\Delta P_T = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \right)_{Asp} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \right)_{Ref} \quad (4.13)$$

- On remplace la vitesse V par Q/S on simplifie et on obtient :

$$\Delta P_T = \left(\frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} * Q^2 + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} * Q^2 \right)_{Asp} + \left(\frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} * Q^2 + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} * Q^2 \right)_{Ref} \quad (4.14)$$

$$\Delta P_T = \left(\frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} + \frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} \right) * Q^2 \quad (4.15)$$

$$HMT_r = Hg + 0.0148Q^2$$

Q(m3/h)	0	20	40	60	80	100	120
HMT_r	1.35	7.27	25.03	54.63	96.07	149.35	214.47

Tableau 4.1. 8 La variation de HMT en fonction de débit

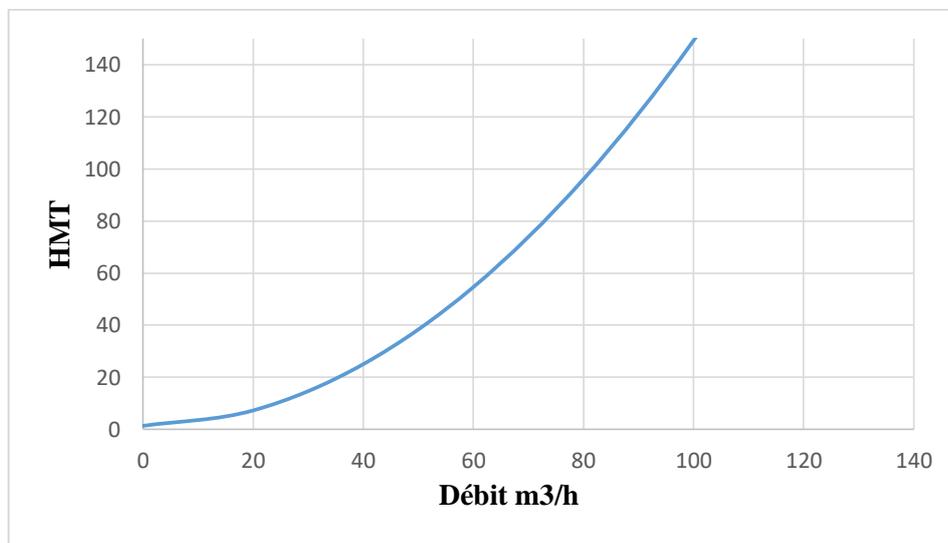


Figure 4.1. 6 HMT en fonction de débit

1.7.2 Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement se situe à l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et de celle du réseau $H_{pompe} = HMT_{réseau}$. Idéalement, la caractéristique du circuit coupe la courbe de la pompe pour un débit qui correspond à son rendement maximal.

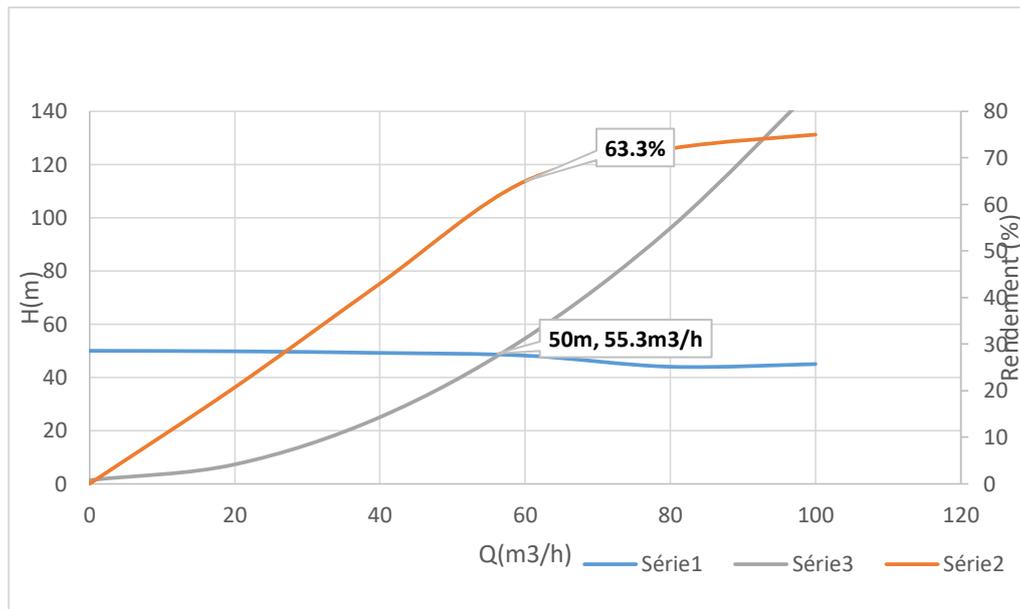


Figure 4.1. 7 Point de fonctionnement du réseau

Le point de fonctionnement de réseau est :

$$\text{HMT}=50\text{m}$$

$$Q=55.3\text{m}^3/\text{h}$$

$$\eta=63.3\%$$

1.7.3 Équation caractéristique de la pompe " $60\text{m}^3/\text{h}$ "

- De la fiche technique de la pompe on tire pour $N=1450\text{ tr/min}$ et $Q=60\text{ m}^3/\text{h}$:
 - $Q = 0\text{m}^3/\text{h} \Rightarrow H_{p2} = 55\text{ m.}$
 - $Q = 60\text{m}^3/\text{h} \Rightarrow H_{p2} = 37\text{ m.}$

$$\text{Donc : } 49 = a - b(0)^2 \rightarrow a = 55$$

$$37 = 55 - b(60)^2 \rightarrow b = 5 \cdot 10^{-3}$$

D'où l'équation caractéristique de la pompe :

$$H_{p2} = 55 - 0.005Q^2$$

$Q (\text{m}^3/\text{h})$	0	10	20	30	40	50	60	70
H_{p2}	55	52	48	45	42	39	37	34

Tableau 4.1. 9 La variation de HMT en fonction de débit d'une pompe $60\text{m}^3/\text{h}$

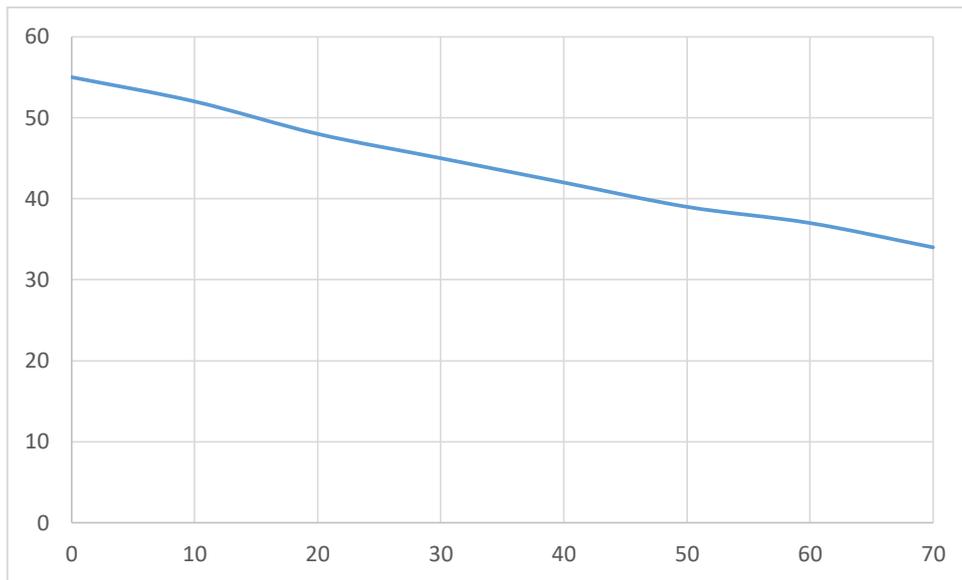


Figure 4.1. 8 HMT en fonction de débit d'une pompe 60m3/h

1.7.4 La courbe de rendement de la pompe

On tire de la fiche technique (PV d'essai) les valeurs suivantes :

Q (m ³ /h)	0	10	20	30	40	50	60	70
N	0	15.1	29	40.2	50.4	57	62	65.3

Tableau 4.1. 10 La variation de rendement en fonction de débit

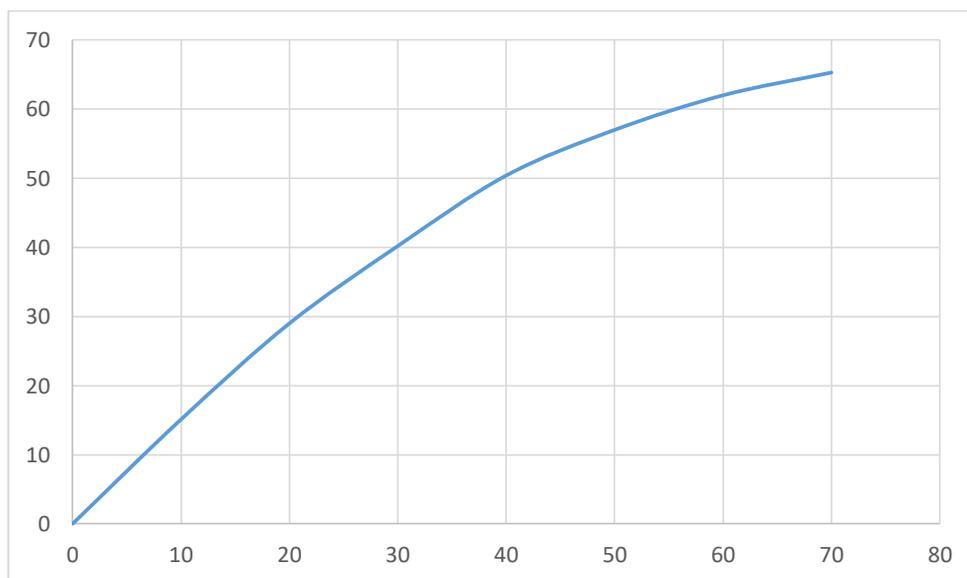


Figure 4.1. 9 Rendement en fonction de débit

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

1.7.5 La courbe de NPSH r

On tire de la fiche technique (PV d'essai) les valeurs suivantes :

Q(m³/h)	10	20	30	40	50	60	70
NPSH_r	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0

Tableau 4.1. 11 La variation de NPSH requis en fonction de débit

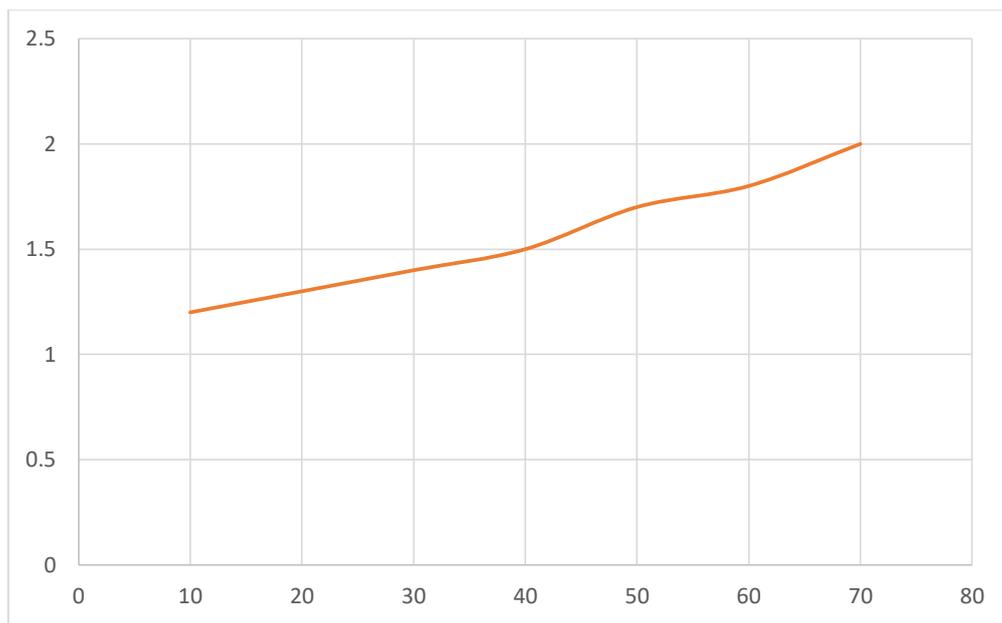


Figure 4.1. 10 NPSH requis en fonction de débit

1.7.6 Courbe caractéristique de puissance

On tire de la fiche technique (PV d'essai) les valeurs suivantes :

Q(m³/h)	0	10	20	30	40	50	60	70
P(KW)	3	4.5	6	7.3	8	8.5	9	9.5

Tableau 4.1. 12 la variation de puissance en fonction de débit

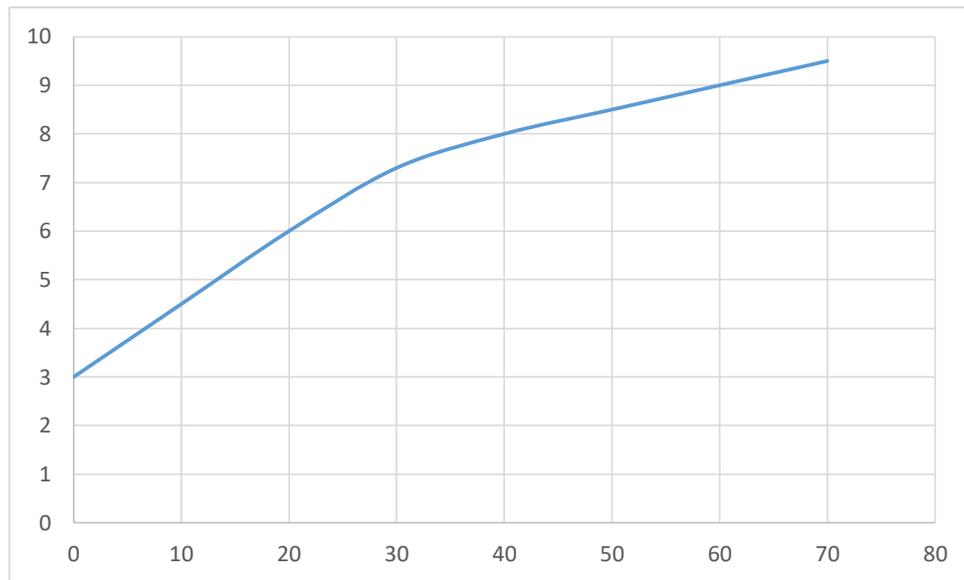


Figure 4.1. 11 puissance en fonction de débit

1.8 Courbe caractéristique du réseau pompe 60 (m^3/h)

1.8.1 Équation caractéristique du réseau

La caractéristique du réseau est une parabole

$$HMT_r = Hg + \Delta P_T \quad (4.12)$$

La forme générale de la caractéristique du réseau est exprimée par la relation suivante :

$$\Delta P_T = \Delta P_{tAsp} + \Delta P_{tRef}$$

$$\Delta P_T = (\Delta P_S + \Delta P_L)_{Asp} + (\Delta P_S + \Delta P_L)_{Ref}$$

$$\Delta P_T = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \right)_{Asp} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \right)_{Ref}$$

- On remplace la vitesse V par Q/S on simplifie et on obtient :

$$\Delta P_T = \left(\frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} * Q^2 + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} * Q^2 \right)_{Asp} + \left(\frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} * Q^2 + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} * Q^2 \right)_{Ref}$$

$$\Delta P_T = \left(\frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} + \frac{8\lambda L}{D^5 \pi^2 g} + \frac{8k\rho}{\pi^2 D^4 g} \right) * Q^2$$

$$HMT_r = Hg + 0.0102Q^2$$

Q(m ³ /h)	0	20	40	60	80
HMT_r	1.35	5.43	17.67	38.07	65.28

Tableau 4.1. 13 HMT en fonction de débit

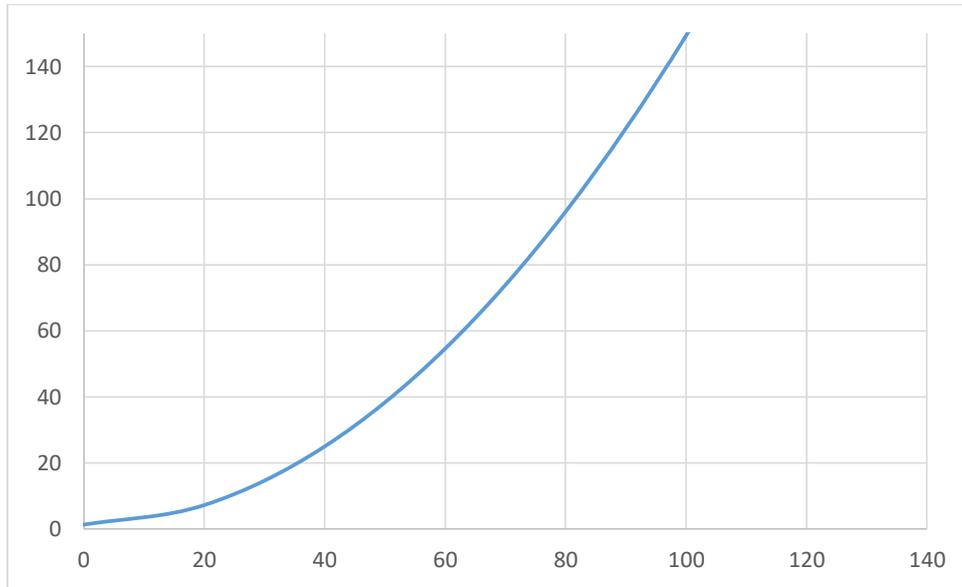


Figure 4.1. 12 courbe HMT en fonction de débit

1.8.2 Point de fonctionnement

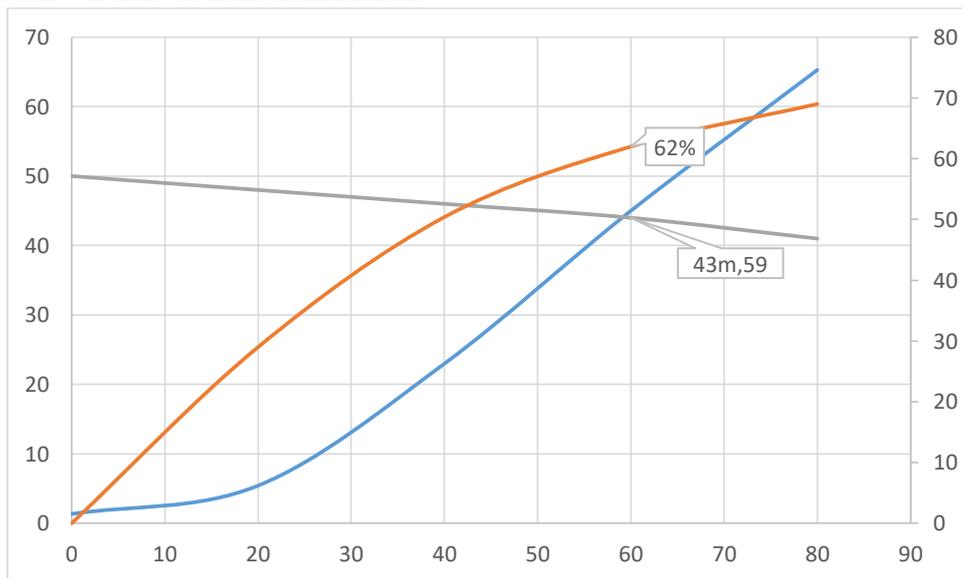


Figure 4.1. 13 Courbe point de fonctionnement d'une pompe 60m³/h

HMT=43m

Q=59m³/h

η =62%

2 Approche numérique

2.1 Pipe flow expert :

Un programme qui fournit des résultats instantanés et précis, Pipe Flow Expert est la première application logicielle pour la conception et l'analyse de réseaux de tuyauterie complexe où les flux et les pressions doivent être équilibrés pour résoudre le système.

2.2 Utilisation du logiciel

- Il effectue des calculs avancés pour déterminer les débits, les pressions, les vitesses et autres paramètres d'écoulement dans le système de tuyauterie.
- Il peut gérer plusieurs points d'alimentation et plusieurs points de décharge.
- Il permet la création de rapports de conception PDF professionnels.
- Il optimise la conception du réseau de tuyauterie.
- Il permet d'évaluer différents scénarios et conditions de fonctionnement.
- Il prend en compte les pertes de charge, les frottements, les changements de direction et d'autres facteurs pour fournir des résultats précis.



Figure 4.2 1 LOGICIEL PIPEFLOW

2.3 Interface du logiciel

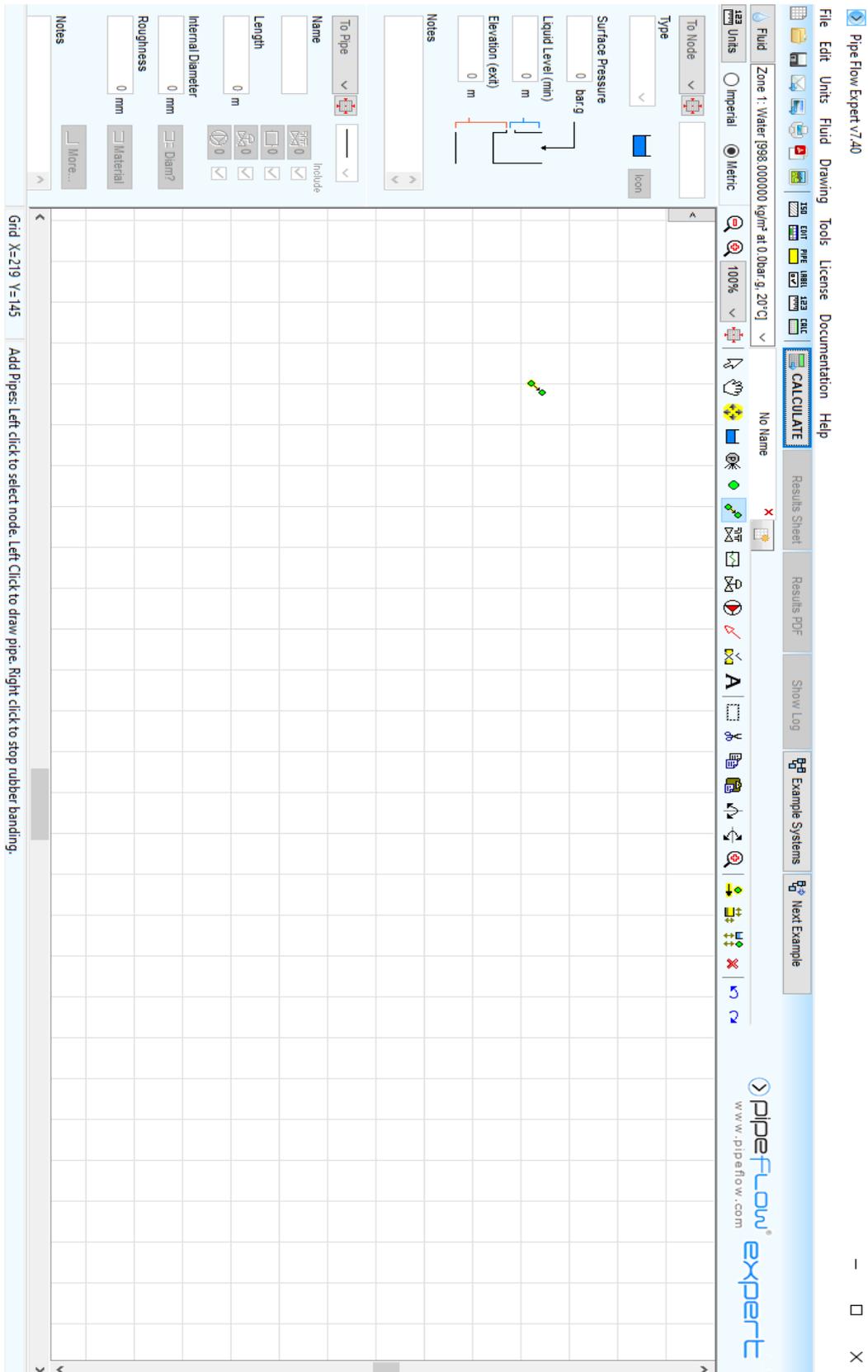


Figure 4.2 2 Interface du logiciel

2.4 Chargement GASOIL avec une pompe de 100 m³/h dont le diamètre a l'aspiration est 8'' et au refoulement 6'' :

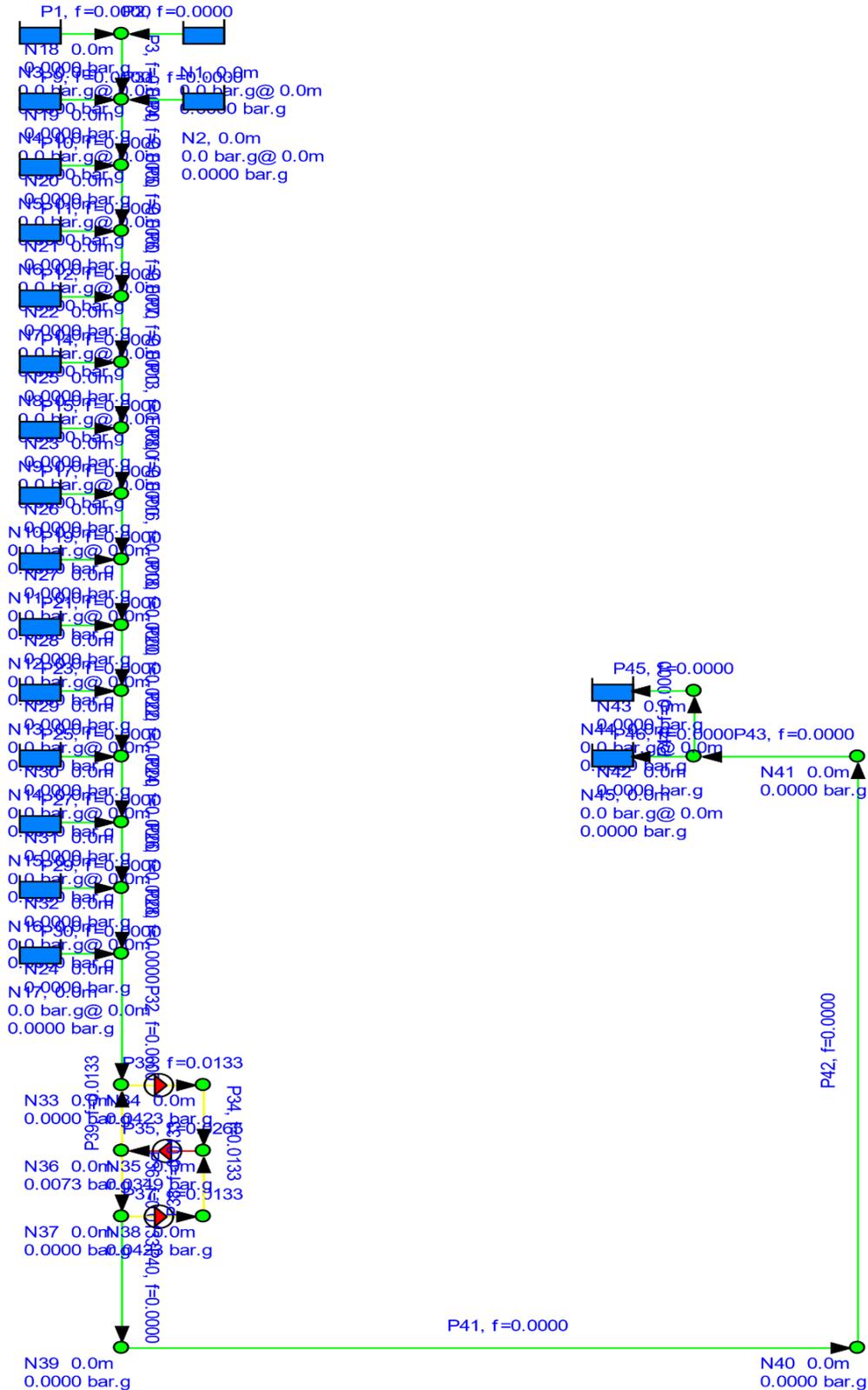


Figure 4.2 3 Chargement camion-citerne par GASOIL

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

2.4.1 Résultats performance pompes avec cavitation

fluid	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure m	Discharge Pressure m	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency %	Pump Power Kilowatts KW
GASOIL	P1	pump	2950	0,0257	2.029	-0.132	-0.237	13.7	2.14	2.01 (too Low – Cavitation may occur at the pump)	70.47	13.940
GASOIL	P2	pump	2950	0,0257	2.030	-0.145	-0.245	13.6	2.14	2.08 (too Low – Cavitation may occur at the pump)	52.1	11
GASOIL	P3	pump	2950	0,0257	2.031	-0.147	-0.247	13.5	2.14	1.987 (too Low – Cavitation may occur at the pump)	52.9	11.2

Tableau 4.2 1 résultats avec cavitation

2.4.2 Résultats performance pompes avec cavitation

fluid	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure m	Discharge Pressure m	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency %	Pump Power Kw
GASOIL	P1	pump	2950	0.0257	2.029	0.132	0.4958	13.7	2.14	2.368	61	13.94
GASOIL	P2	pump	2950	0.0256	2.045	0.135	0.422	13.9	2.14	2.902	62.2	13.96
GASOIL	P3	pump	2950	0.0255	2.066	0.140	0.511	13.96	2.14	3.023	62.23	14

Tableau 4.2 2 résultats des pompes

Pipe Name : Nom du tuyau.

Pump Name : Nom de la pompe.

Speed : Vitesse de la pompe en tours par minute (rpm).

Flow Rate : Débit en m³/s.

Flow In/Out : Débit d'entrée/sortie en m³/s.

Velocity : Vitesse du fluide en m/s.

Suction Pressure : Pression d'aspiration en bar.

Discharge Pressure : Pression de refoulement en bar.

Pump Head : Hauteur manométrique de la pompe en m de colonne de fluide.

Pump NPSHa : Hauteur manométrique nette à l'aspiration disponible en m de colonne de fluide.

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

2.4.3 Interprétation des Résultats :

- Avec une élévation de 1 m : PIPEFLOW montre une pression d'aspiration suffisamment basse pour provoquer la cavitation.
- Avec une élévation de 2,32 m : PIPEFLOW montre que la pression d'aspiration est suffisante pour éviter la cavitation.

La différence principale entre les deux cas est la hauteur d'élévation, qui affecte la pression d'aspiration. Une élévation insuffisante (1 m) conduit à une pression d'aspiration trop basse, entraînant la cavitation. Une élévation adéquate (2,32 m) maintient la pression d'aspiration au-dessus de la pression de vapeur, empêchant ainsi la cavitation.

Cette approche simplifiée devrait vous permettre de comprendre pourquoi la cavitation se produit dans un cas et pas dans l'autre.

2.4.4 Résultats performances pipes :

Pipe name	Fluid zone	Inner diameter m	Length m	Vol flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Friction loss	Dp total loss m	Entry pressure m	Exit pressure m
P1	GASOIL	0.254	10	0.029	2.423	0.013	0.02	0.0208	0.0008
P2	GASOIL A	0.205	7	0.028	2.029	0.0121	0.082	0.5491	0.4671
P3	GASOIL R	0.152	7	0.03	0.341	0.0211	0.281	0.318	0.0376
P4	GASOIL A	0.205	7	0.028	2.029	0.0123	0.081	0.554	0.473
P5	GASOIL R	0.152	7	0.03	2.423	0.0213	0.281	0.40	0.681
P6	GASOIL A	0.205	7	0.028	2.423	0.0124	0.084	0.365	0.471
P7	GASOIL R	0.152	7	0.03	1.695	0.0212	0.283	0.0844	0.28
P8	GASOIL	0.254	10	0.036	1.636	0.031	0.011	0.3079	0.2969
P9	GASOIL	0.254	1	0.0362	1.521	0.0312	0.002	0.0008	0.0028
P10	GASOIL	0.254	2	0.0361	2.029	0.0322	0.473	0.1097	0.582
P11	GASOIL	0.254	1	0.0292	2.03	0.0321	0.002	0.0320	0.03
P12	GASOIL	0.076	5	0.0284	2.031	0.04	0.0288	0.231	0.259
P13	GASOIL	0.076	6	0.0286	2.03	0.041	0.0289	0.232	0.26

Tableau 4.2 3 résultats chargement camion-citerne par GASOIL

2.5 Déchargement GASOIL avec une pompe de 60 m³/h dont le diamètre a l'aspiration est 6'' et au refoulement 4'' :

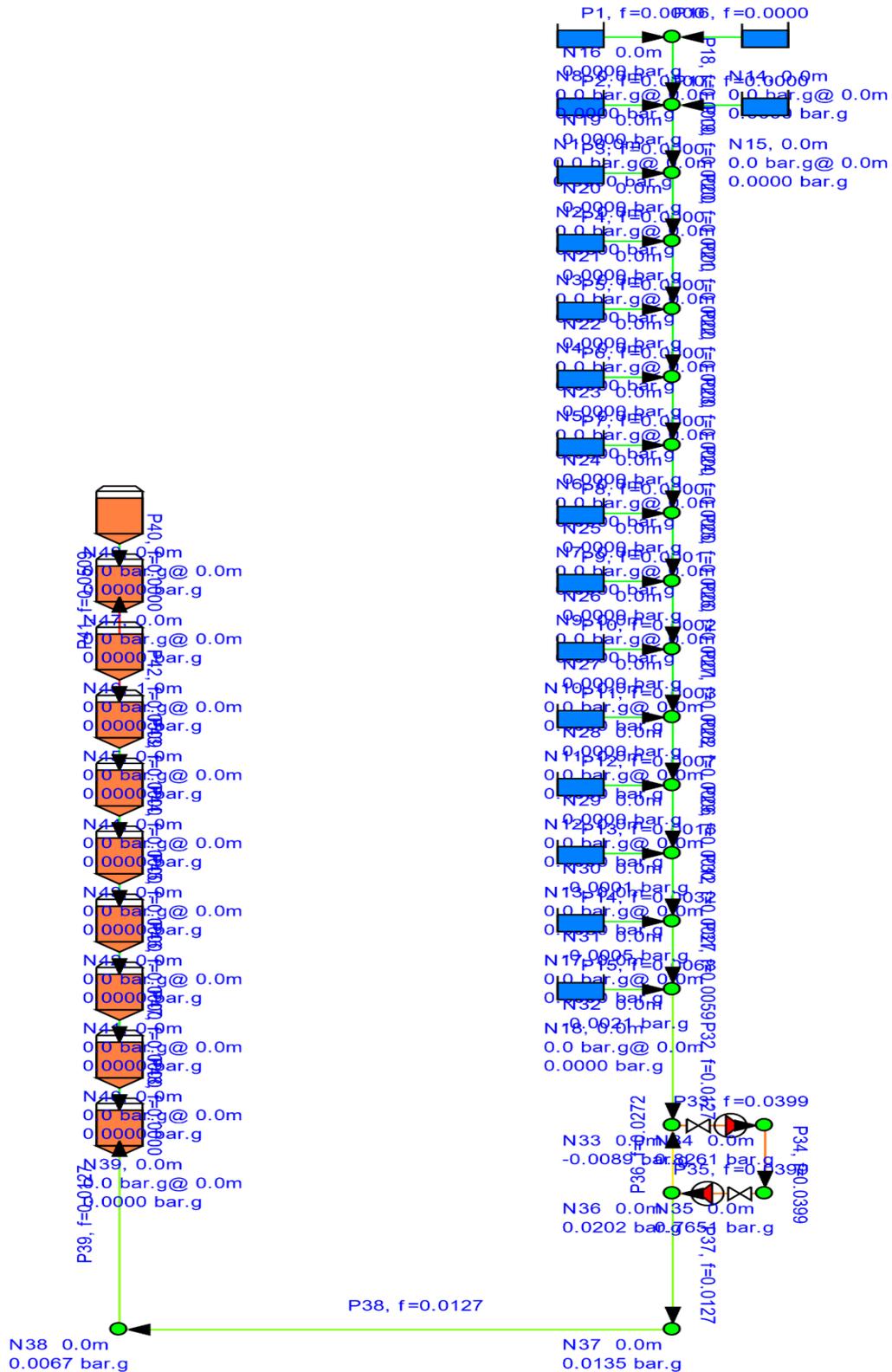


Figure 4.2 4 schéma déchargement wagon-citerne GASOIL

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

2.5.1 Résultats performance pompes :

Fluid	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure m	Discharge Pressure m	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
GASOIL	P1	Pump	1450	0.0287	1.49	0.592	0.537	13.70	3.71	5.1	69.01	14.05
GASOIL	P2	Pump	1450	0.0287	1.49	0.592	0.537	12.61	3.93	5.5	69.02	14.06

Tableau 4.2 4 résultats pompes déchargement gasoil

2.5.2 Résultats pipe déchargement gasoil

Pipe name	Fluid zone	Inner diameter	length	Vol flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Friction loss	Dp total loss	Entry pressure	Exit pressure
P1	GASOIL	254	10	0.0125	1.521	0.012	0.003	0.096	0.093
P2	GASOIL A	152.4	7	0.0125	1.521	0.0123	0.102	0.611	0.509
P3	GASOIL R	101.6	7	0.0167	2.423	0.0113	0.53	0.661	0.131
P4	GASOIL A	152.4	7	0.0167	2.423	0.0123	0.102	0.624	0.522
P5	GASOIL R	101.6	7	0.0199	1.636	0.0110	0.53	0.681	0.151
P6	GASOIL	254	10	0.0199	1.636	0.0223	0.02	0.984	0.982
P7	GASOIL	254	20	0.0125	1.521	0.0231	0.33	0.752	0.422
P8	GASOIL	254	10	0.0167	2.423	0.0232	0.042	0.852	0.81

Tableau 4.2 5 résultats pipe déchargement gasoil

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

2.6.1 Résultats de performance des pompes :

fluid	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure m	Discharge Pressure m	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
ESSENCE	P33	pump	2460	0.0258	2.91	0.142	0.240	13.2	2.14	2.21	62	13.22
ESSENCE	P35	pump	2460	0.0256	2.913	0.145	0.244	13.5	2.14	2.2	62.3	14.2
ESSENCE	P33	pump	2460	0.0255	2.914	0.147	0.245	13.5	2.14	2.22	62.9	14.8

Tableau 4.2 6 Résultats de performance des pompes

2.6.2 Résultats pipe chargement ESSENCE

Pipe name	Fluid zone	Inner diameter	length	Vol flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Friction loss	Dp total loss	Entry pressure	Exit pressure
P1	ESSENCE	0.254	10	0.025	2.423	0.012	0.019	0.0208	0.001
P2	ESSENCE A	0.205	7	0.025	2.029	0.0122	0.081	0.5491	0.459
P3	ESSENCE R	0.152	7	0.01	0.341	0.0210	0.280	0.318	0.038
P4	ESSENCE A	0.205	7	0.025	2.029	0.0120	0.080	0.554	0.474
P5	ESSENCE R	0.152	7	0.01	2.423	0.0215	0.280	0.40	0.12
P6	ESSENCE A	0.205	7	0.024	2.423	0.0126	0.083	0.365	0.282
P7	ESSENCE R	0.152	7	0.01	1.695	0.0214	0.282	0.284	0.02
P8	ESSENCE	0.254	10	0.031	1.636	0.033	0.010	0.3079	0.29
P9	ESSENCE	0.254	1	0.0356	1.521	0.0312	0.029	0.08	0.051
P10	ESSENCE	0.254	2	0.0353	2.029	0.0322	0.0470	0.497	0.45
P11	ESSENCE	0.254	1	0.0290	2.03	0.0321	0.001	0.0320	0.031
P12	ESSENCE	0.076	5	0.0280	2.031	0.041	0.0289	0.231	0.202
P13	ESSENCE	0.076	6	0.0285	2.03	0.042	0.0290	0.232	0.203

Tableau 4.2 7 Résultats pipe chargement ESSENCE

2.7 Déchargement ESSENCE avec une pompe de 60 m³/h dont le diamètre a l'aspiration est 6'' et au refoulement 4'' :

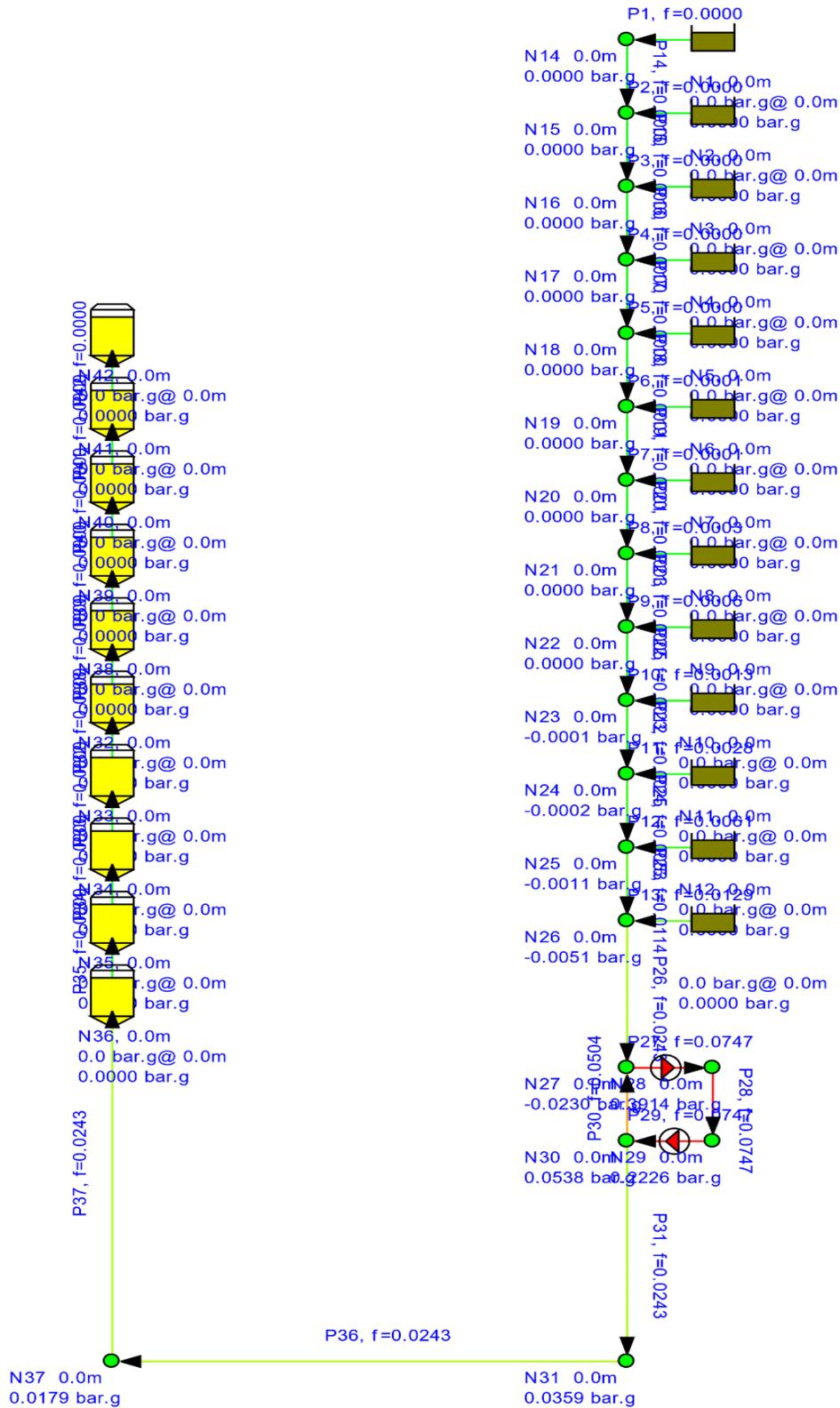


Figure 4.2 6 Déchargement ESSENCE avec une pompe de 60 m³/h

Chapitre 04 : Approche Théorique et Numérique

2.7.1 Résultats performance pompes

fluid	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure m	Discharge Pressure m	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
ESSENCE	P27	pump	1450	0.0287	1.44	0.550	0.530	12.70	1.52	4.2	63.12	13.95
ESSENCE	P29	pump	1450	0.0287	1.44	0.560	0.520	12.61	1.52	4.5	63.16	13.98

Tableau 4.2 8 Résultats performance pompes de 60m³/h

2.7.2 Résultats performance des pipes

Pipe name	Fluid zone	Inner diameter	length	Vol flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Friction loss	Dp total loss	Entry pressure	Exit pressure
P31	ESSENCE	0.254	10	0.0125	1.521	0.012	0.003	0.09	0.087
P32	ESSENCE A	0.1524	7	0.0167	0.92	0.0123	0.102	0.16	0.058
P33	ESSENCE R	0.1016	7	0.0125	2.423	0.0113	0.53	0.755	0.225
P34	ESSENCE A	0.1524	7	0.0167	0.92	0.0123	0.102	0.614	0.512
P35	ESSENCE R	0.1016	7	0.0125	2.423	0.0110	0.53	0.775	0.245
P36	ESSENCE	0.254	10	0.0180	1.636	0.0223	0.02	0.0955	0.075
P37	ESSENCE	0.254	20	0.0179	1.521	0.0231	0.33	0.732	0.402
P38	ESSENCE	0.254	10	0.0182	2.423	0.0232	0.042	0.833	0.791

Tableau 4.2 9 Résultats performance des pipes 60m³/h

2.8 Analyse des résultats

Ces tableaux mentionnent les détails de tuyauterie (diamètre, longueur, débit, vitesse, perte de charge, pression d'entrée et de sortie).

La variation de diamètres et de longueur dépend le débit et la vitesse souhaitée dans chaque tronçon

Selon les résultats simulés par logiciel PIPE FLOW après plusieurs essais, comparant avec le calculs manuels précédemment, de : pertes de charges, la vitesse, facteur de frottement nous avons constaté que notre travail est correctement réalisé par le logiciel.

Erreur différentielle Δr : varie entre 0.01 et 0.1

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons pu vérifier par simulation numérique, grâce au logiciel PIPE FLOW expert, les résultats précédents obtenus manuellement à états effectuer par logiciel. On constate qu'une élévation de 2.32m est convenable pour éviter la cavitation, Ainsi l'augmentation des diamètres but démunie la vitesse dans certaines conduites.

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons effectué tout au long de notre stage de fin d'étude, consiste à Apprenez les détails de la chaine de distribution des carburant commençant par le stockage Jusqu'à la distribution ainsi que la conception des installations qui a pour but de stocker, Charger, et déchargé les carburants. et les équipements utilisés dans cette dernière en basant sur la salle de pompage qui est considérée l'élément le plus important dans l'installation et qui est responsable d'avoir un bon rendement.

Nous avons jeté la lumière sur la conception d'une station de pompage. Faire un plan de cette salle, ainsi les calculs.

Nos calculs ont été basé tout d'abord sur le qui est le plus essentiel facteur pour détecter le phénomène de cavitation, Afin de remédier au problème de cavitation, il faudra faire abaisser les pompes à une profondeur de 2,32m du niveau de sol pour effectuer la condition.

On a augmenté les diamètres des pipes a cause de vitesse élevé dans l'aspiration et refoulement des pompes, après plusieurs essais.

On a fait notre calcul sur la base d'ESSENCE car il a une pression de vapeur saturante supérieure à celle de GASOIL, donc on étudie le cas le plus défavorable, si notre calcul nous résulte qu'il y'aura pas un phénomène de cavitation avec le produit d'essence cela garantie que on n'aura pas une cavitation avec le GASOIL, l'inverse n'est pas vrai.

Pour confirmer nos résultats nous avons utilisé le logiciel PIPE FLOW EXPERT qui est Conçu pour simuler toutes les caractéristiques liées par le système hydro-énergétique y Compris la tuyauterie et les pompes.

La réalisation de ce travail nous a permet d'acquérir des connaissances dans le domaine Pratique et de voir la manière dont laquelle se fait l'étude d'un problème posé pour proposer une solution. NAFTAL branche carburant ont consulté et validé notre travail.

REFERENCES

- [1] Article sur la généralisation des carburants sans plomb, diesel et GPL (Sirghaz) en Algérie à partir de juillet 2021.
- [2] Article sur le rôle des camions dans la distribution des carburants en Algérie.
- [3] NAFTAL branche carburant.
- [4] Mémoire de fin d'étude Optimisation du transport de l'hydrocarbure par canalisation.
- [5] Procédure d'inspection et de réparation des fonds des bacs de stockage par les méthodes MFL, UT et pose de rustines.
- [6] Réalisation d'un convertisseur RS232/RS485 pour l'introduction d'un PC dans un réseau industriel au sein du CSD NAFTAL TiziOuzo.
- [7] J. Longotte, Op.cit., p21.
- [8] Mémoire fin d'étude Etude, Conception et simulation d'une pompe centrifuge.
- [9] Etude du comportement et du fonctionnement de la pompe dans les quatre quadrants.
- [10] <https://www.usinenouvelle.com/expo/pompe-centrifuge-horizontale-p9003.html>.
- [11] BENMOUSSA.Y, " théorie de fonctionnement des pompes centrifuges " cour, université de Bechar.
- [12] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Pompe_centrifuge.JPG.
- [13] AMINE BELAID, ETUDE ET CONCEPTION D'UNE POMPE CENTRIFUGE, mémoire de master en génie mécanique, option conception mécanique et productive, université Mohammed Khidher de Biskra 2017.
- [14] <https:// Grundfos.com>.
- [15] <https://eddyump.com/fr/education/explication-des-courbes-de-pompe>.
- [16] <https://formation.xpair.com/cours/courbe-caracteristique.htm>.
- [17] <https://docplayer.fr/202563915-Etude-du-regime-rationnel-de-fonctionnement-d-une-pompe-centrifuge> - Recherche (bing.com).
- [18]: http://www.sasravey.fr/media/Services/LA_CAVITATION.pdf.

[19]Analyse de l'altération de performance des pompes centrifuge sous l'influence de l'érosion de cavitation, mémoire fin d'étude ENSH, 1993.

[20]Automatisation et sécurisation d'un dépôt de carburant.

[21]<https://www.pipeflow.com>.

LES ANNEXES

ANNEXE 01



Works Order No:	G217182	Purchase O/No:	RO12002017
Pump Type:	ERPW 80-200	No. Of Pcs.:	67
Serial No.:	G21718201 to G21718267	Pump Tag No:	100n3/h 1 to 100n3/h 67

PERFORMANCE & MECH. RUNNING TEST

pump type:	ERPN 80-200	test number:	31
impeller diameter:	200 / mm form: S	date:	31.07.2018
orifice diameter:	0		
serial number:	G217182/10	test evaluation:	LAM
order number:	G217182	remarks:	
pump	10		

customer: SARL ALPHAS
cust.order number: RO/120/2017
item number: 100m3/h 20

measured values:		converted values:	
capacity	QX [m³/h]	capacity	QU [m³/h]
suction pressure	PS [bar]	differential head	HU [m]
discharge pressure	PD [bar]	efficiency	ETA [%]
torque	Md [Nm]	power	PU [kW]
electric power	PeI [W]		
speed at test	NX [rpm]		

#	measured values					values converted for speed NN, density and viscosity			
	QX	PS	PD	Md	NX	QU	HU	ETA	PU
1	152,35	-0,603	2,81	67,59	2961	152,77	37,25	71,02	18,11
2	116,51	-0,381	3,84	60,12	2962	116,79	44,57	73,09	16,10
3	102,95	-0,295	4,07	57,64	2963	103,15	45,77	69,18	15,43
4	96,81	-0,248	4,19	56,43	2966	96,91	46,34	67,36	15,07
5	68,45	-0,129	4,57	49,30	2967	68,49	48,47	55,37	13,16
6	45,32	-0,075	4,69	44,07	2968	45,34	48,86	42,60	11,75
7	22,91	-0,062	4,78	42,33	2969	22,91	49,55	22,75	11,28
8	0,00	-0,051	4,92	41,20	2970	0,00	50,72	0,00	10,97

speed NN: 2969 rpm density SG: 830 kg/m³	rated points:	guarantee	QN	HN	ETAN	PN
		test:	100,00	45,00	63,30	16,00
			100,00	46,13	68,26	15,29

measuring and calculation constants		correction factors for viscosity			eta-Motor	
		#	FQ	FH	FETA	ETAM
driver No.:	3	1	1	1	0,97	0
suction diameter DS:	100 mm	2	1	1	0,97	0
discharge diameter DD:	80 mm	3	1	1	0,97	0
wattmeter constant K:	0	4	1	1	0,97	0
distance water level WL:	0 m to manometer:	5	1	1	0,97	0
		6	1	1	0,97	0
density of testing water WD:	998 kg/m³	7	1	1	0,97	0
gravity G:	9,8066 m/s²	8	1	1	0,97	0

calculation formula:
 $QU = QX \cdot N \cdot FQ$ $N = NN / NX$
 $HU = [(100000 \cdot (PD-PS) / (G \cdot WD)) + (62544 / G \cdot QX^2 \cdot (1/DD^5 - 1/DS^5)) + WL] \cdot N^2 \cdot FH$
 $PU = P \cdot SG / WD \cdot N^3 \cdot FH \cdot FQ / FETA$ $P = (K \cdot PeI \cdot ETAM \cdot 0.01) / (Md \cdot NX / 9549.3)$
 $ETA = (QU / 3600) \cdot HU \cdot SG \cdot G / (PU \cdot 1000) \cdot 100$

M. ARSAS

ANNEXE 02



Works Order No:	G217162	Purchase Order No:	RD/1202017
Pump Type:	ERP 60-200	No. Of Pcs.:	67
Serial No.:	G217182/01 to G217182/67	Pump Tag No:	100m3/h 1 to 100m3/h 67

NPSH-TEST

pump type:	ERPN 80-200	test number:	31
impeller diameter:	200 / mm form: S	date:	31.07.2018
serial number:	G217182/10	test evaluation:	LAM
order number:	G217182	remark:	
pump	10		
customer:	SARL ALPHAS		
cust.order number:	RO/120/2017		
item number:	100m3/h 20		
measured values:		calculated values:	
suction pressure	PS [bar]	NPSH Value	NPSH [m]
discharge pressure	PD [bar]	total head	HU [m]
speed at test	NX [rpm]	1st stage head	H1 [m]
		reduction of head	PR [%]

measured values			calculated values			
#	PS	PD	NPSH	HU	H1	PR
1	-0,603	2,81	5,63	37,25	37,25	0,00
2	-0,644	2,77	5,21	37,24	37,24	0,03
3	-0,689	2,75	4,95	37,22	37,22	0,07
4	-0,708	2,70	4,55	37,21	37,21	0,11
5	-0,771	2,63	3,90	37,06	37,06	0,50
6	-0,787	2,54	3,74	36,33	36,33	2,48
7	-0,792	2,50	3,69	35,94	35,94	3,51
8	0,000	0,00	3,69	35,94	35,94	3,51

	3,71	36,13	3,00
distance DRP:	0,00	[m] to relation point	
NPSH related:	3,71	[m] related to centre line impeller	
guaranteed value:	0,00	[m]	

speed NX at test:	2961 rpm	nominal speed NN:	2969 rpm
capacity at test Q:	152,77 [m³/h]	nominal capacity:	100,00 [m³/h]

measuring and calculation constants

suction diameter DS:	100 mm	density of testing water WD:	998 kg/m³
discharge diameter DD:	80 mm	gravity G:	9,8066 m/s²
distance water level WL:	0 m to manometer		
dis. centerline first stage CL:	0,4 m to manometer		
water vapour pressure VP:	3360 Pa at 26 °C	number of stages #STAGE:	1
barometric pressure BP:	754 mm Hg	admissible pressure drop of head:	3 %

calculation formula:

$$NPSH = [(100000 \cdot PS + BP \cdot 132.7 - VP) / (G \cdot WD) + (62544 \cdot Q^2) / (DS^4 \cdot G) + CL - WL] \cdot (NN/NX)^2$$

$$HU = [(100000 \cdot (PD - PS) / (G \cdot WD)) + (62544 / G \cdot Q^2 \cdot (1/DD^4 - 1/DS^4)) + WL] \cdot (NN/NX)^2$$

$$H1[1]: HU[1] / \#Stage \quad H1[2-8]: H1[1] - (HU[1] - HU[2-8])$$

$$PR[\#] = (H1[1] - H1[\#]) / H1[1] \cdot 100$$

$$NPSH \text{ related} = NPSH - DRP$$

M. ALPHAS