

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET PUBLIC**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE M'HAMMED BOUGARA – BOUMERDES**



**FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

**EN VUE DE L'OBTENSION DU DIPLOME EN MASTER**

**FILIERE : Génie mécanique**

**OPTION : Energétique**

**Présenté par :**

**REZOUANI Chahinez**

**RADI Lyna**

**CONTRIBUTION AU DIMMENSIONNEMENT D'UNE STATION DE POMPAGE SUR  
L'OLEODUC OK 1 HAOD EL HAMRA – SKIKDA**

Suivis par : M. Mohamed Abdessamed AIT CHIKH

Encadré par : Mme OUAGUENOUNI Radia

Lieu de stage : SONATRACH / TRC- sidi rcine

BOUMERDES 2020/2021

# *Dédicace*

*Cet ouvrage est dédié*

*A mes très chers parents*

*Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines  
m'ont permis de vivre ce jour et qui ont été une source  
d'inspiration pour moi.*

*A mes Frères, ma sœur, sonia, issam et mes petits neveux  
qui sont une source de motivation permanente et qui  
m'ont toujours soutenue.*

*A mes grands parents en forme de gratitude pour leurs  
éternels amour et bienveillance.*

*A mon groupe d'amis ( Lyna , sidali.M, hakim, salim  
, sidali.B, feriel )*

*et mon entourage qui ont contribués et qui m'ont aidé à  
la réalisation de cet ouvrage.*

*Chahinez Rezouani*

# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes très chers parents source d'amour , de vie et  
d'affection*

*A mes sœurs et mon frère , mon neveu et khalil, source  
de joie et de bonheur*

*A tous mes amis ( chahinez, hakim, salim, sidali.B ,  
sidali.M, feriel )*

*et mon entourage qui m'ont aidé à la réalisation de cet  
ouvrage.*

*Lyna Radí*

# Remerciement

*Le choix de la formule de remerciements est difficile et le choix des mots l'est encore plus, nous voudrions avant tout remercier Allah le tout puissant qui nous à donner le savoir la volonté le courage et surtout la patience de réaliser ce modeste travail. Et qui grâce à lui ce mémoire a pu être achevé.*

*Nous présentons notre éternelle gratitude et reconnaissance envers nos chers parents qui nous ont soutenue du début à la fin et qui ont fait tant de sacrifices pour nous afin de réussir nos études.*

*Nous remercions M. Ait Chikh qui nous a encadré, conseillé et aidé durant la réalisation de ce mémoire.*

*Un grand remerciement à Mme Ouaguenouni Radia, pour ses aides et sa collaboration tout au long de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre haute considération et nos sincères remerciements au président et aux membres de jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

*Nous présentons également nos remerciements au personnel du département de Génie mécanique et à tous nos enseignants.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes parmi nos camarades ou autres qui nous ont aidés de près de près et de loin réalisation de ce mémoire*

*Merci à vous tous*

## **Sommaire :**

Définitions et abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Entrée : Présentation de la SONATRACH 2

### **CHAPITRE I : POMPES ET STATION DE POMPAGE**

I.1. Introduction : 9

I.2. Station de pompage : 9

I.2.1. Stations de pompage intermédiaires : 10

I.2.2. Station de pompage de départ SP1 : 10

I.2.3. Exigence principale soumise a la station de pompage : 11

I.2.4. Choix de l'emplacement de la station de pompage :12

I.2.5. Les équipements hydrauliques de la station de pompage : 12

I.3. Pompes : 12

I.3.1. Catégories des pompes : 12

I.3.2. Equipement en amont de la pompes : 17

I.3.3. Equipement en aval de la pompe : 19

I.4. CONCLUSION : 20

### **CHAPITRE II : DESCRIPTION DES INSTALLATIONS EXISTANTES**

II.1. Introduction :21

II.2. Caractéristique de la ligne : 21

II.3.	Localisation géographique des stations :	21
II.4.	Localisation géographique des postes de sectionnement :	22
II.5.	Caractéristiques des stations :	23
II.6.	Système de transport STC OK1 :	25
II.6.1.	STC OK 1 :	25
II.6.2.	Oleoduc :	27
II.6.3.	Parc de stockage :	28
II.6.4.	Terminal départ :	28
II.6.5.	Terminal arrivée :	29
II.6.6.	Pose de sectionnement :	30
II.6.7.	Poste de coupure	31
II.7.	Présentation des machines tournantes utilisées dans la station SP1 :	31
II.7.1.	Zone principale :	31
II.7.1.1.	Pompes principales :	31
II.7.1.2.	Turbine à gaz :	32
II.7.2.	Zone booster :	34
II.7.3.	Moteur électrique :	35
II.8.	Présentation des fabricants :	37
II.8.1	Flowserve :	37
II.8.2.	Flowserve /Byron Jackson :	37
II.8.3.	General electric GE gaz & oil :	37
II.8.4.	General electric NUOVO PIGNONE :	38
II.8.5.	Parson Peebles :	39

II.8.6. ABB: 39

II.9. CONCLUSION : 39

### **CHAPITRE III : CALCULS ENERGETIQUE DES POMPES**

III.1. Introduction : 40

III.2. Couplage de pompes : 40

III.2.1. Couplage en série : 40

III.2.2. Couplage en parallèle : 40

III.3. Définitions : 41

III.4. Partie calculs : 42

III. CONCLUSION : 46

### **CHAPITRE IV : ANALYSE HYDRAULIQUE**

IV.1. Introduction : 47

IV.2. Equation de Bernouli : 47

IV.3. Pertes de charges : 48

IV.3.1. Pertes de charges linéaires : 48

IV.3.2. Pertes de charges singulières : 49

IV.3.2. Pertes de charges totale : 49

IV.4. Effet de Q sur  $\Delta P$  : 50

IV.5. Nombre de Reynolds : 50

IV.6. Partie calculs : 51

IV.7. CONCLUSION : 55

## **CHAPITRE V : RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

V.1. Introduction : 56

V.2. Présentation de logiciel MATLAB : 56

V.3. Résultats et commentaires : 57

V.4. Formulation de problème d'optimisation : 64

V.4.1. Le but de l'optimisation : 64

V.4.2. PSO ( particle swarm optimization ) : 65

V.5. Résultats et discussions : 68

V.5.1. Evaluation de fitness en fonction d'itération : 69

V.5.2. Tableau des résultats : 72

V.5.3. Comparaison entre les pompes de la SP 1 et la pompes Optimale : 73

V.6. CONCLUSION : 79

Conclusion générale : 80

Bibliographie

Résumé

### **Définitions et abréviations :**

**TA** : Terminal Arrive de Skikda

**TD** : Terminal Départ dehaoud-el-Hamra

**SP** : Station de Pompage

**Pk** : Point Kilométrage

**PS** : Poste de Sectionnement

**TRC** : Transport par Canalisation

**RTO** : Région de Transport Ouest

**RTC** : Région de Transport Centre

**RTH** : Région de Transport Houad el hamra

**Ok1** : Oléoduc houad el hamra -skikda

**STC**: Système de Transport par Canalisation

**HEH** : Haoud El Hamra

**RTE** : Régionale Transport Est

**PC** : Poste de Coupure

**RA1K** : La Raffinerie de Skikda

**CDHL** : Centre de Dispatching des Hydrocarbures Liquides

**EP** : Exploration-Production

**LQS** : Liquéfaction-Séparation

**RPC** : Raffinage & Pétrochimie

**ENAGEO** : Entreprise Nationale de Géophysique

**ENAFOR** : Entreprise Nationale de Forage

**ENGTP** : Entreprise Nationale de Grands Travaux Pétroliers

## DEFINITIONS ET ABREVIATIONS.

---

**NAFTAL** : La société Nationale de Commercialisation et de Distribution des produits Pétroliers

**ESR** : Etudes et Suivi des Réalisations

**PMT** : Planning à Moyen Terme

**DCP BDM** : Direction Corporate Business Development et Marketing

**DC EPM** : Direction Centrale Engineering et Project Management

**DAF** : Direction Administration et Finances

**DET** : Direction Études et Technologies

**DSR** : Une Direction Suivi des Réalisations

**TEP** : Tonne d'Equivalent Pétrole

**MTA** : Million de Tonnes par An

**Ph** : Puissance Hydraulique (w)

**Pmu**: Puissance Mécanique Unitaire (w)

**Pt** : Puissance totale(w)

**Pé** : Puissance électrique (w)

**Pét** : Puissance électrique totale (w)

**Q** : Débit volumique (m<sup>3</sup>/s)

**η** : Rendement

**μ** : Viscosité (m<sup>2</sup>/s)

**ρ** : Masse volumique (kg/m<sup>3</sup>)

**d** : Densité

**D** : Diamètre (m)

**L** : Longueur(m)

**g** : Accélération de pesanteur (m/ s<sup>2</sup> )

**V** : Vitesse (m/s)

## DEFINITIONS ET ABREVIATIONS.

---

**P** : Pression (bar)

$\Delta P_L$  : Perte de charge linéaire (bar)

**S** : la section (m<sup>2</sup>)

**K** : Coefficient de perte de charge singulière qui dépend de la forme de la singularité

$\lambda$  : (Lambda) Coefficient adimensionnel de perte de charge

$\Delta P_s$  : Perte de charge singulière (bar)

**Re** : Nombre de Reynolds

**D<sub>int</sub>** : Diamètre Intérieur (m)

$\epsilon$  : La rugosité

**e** : rugosité relative

## LISTE DES FIGURES.

### Liste des figures :

N(°)	Titres	pages
<b>I.1</b>	Station de pompage vu du ciel	9
<b>I.2</b>	Zone manifold	10
<b>I.3</b>	Zone booster	10
<b>I.4</b>	Zone de pompe principale	11
<b>I.5</b>	Gare racleur	11
<b>I.6</b>	Schéma d'une pompe a palette	14
<b>I.7</b>	Schéma d'une pompe a engrenage	14
<b>I.8</b>	Schéma d'une pompe a rotor hélicoïdal excentré	14
<b>I.9</b>	Schéma d'une pompe péristaltique	14
<b>I.10</b>	Schéma explicatif du fonctionnement d'une pompe centrifuge	15
<b>I.11</b>	Coupe verticale de la roue d'une pompe centrifuge	15
<b>II.1</b>	Le réseau de transport par canalisation	25
<b>II.2</b>	Schéma descriptif du STC OK1	26
<b>II.3</b>	Profil altimétrique du STC OK1	27
<b>II.4</b>	Parc de stockage vu du ciel	28
<b>II.5</b>	Schéma descriptif d'un terminal départ	28
<b>II.6</b>	Terminal arrivée	29
<b>II.7</b>	Schéma descriptif d'un terminal arrivée	29
<b>II.8</b>	PS	30
<b>II.9</b>	Schéma descriptif de PS	30
<b>II.10</b>	PC	31
<b>II.11</b>	Schéma d'une turbine à gaz	32
<b>II.12</b>	Turbine à gaz general électric	33
<b>II.13</b>	Turbine à gaz general electric oil / NUOVO PIGNONE	34
<b>II.14</b>	Moteur électrique ASYNCHRONE	35
<b>II.15</b>	Moteur PARSON DEEBLESS	35
<b>II.16</b>	Moteur ABB	36
<b>IV.1</b>	Ecoulement de fluide dans une canalisation inclinée	47

## LISTE DES FIGURES.

<b>V.1</b>	Puissance hydraulique de la pompe booster en fonction de débit volumique	57
<b>V.2</b>	Variation de la puissance d'arbre de la pompe booster en fonction de débit volumique	58
<b>V.3</b>	Variation de la puissance électrique de moteur électrique en fonction de débit volumique	59
<b>V.4</b>	Variation de la puissance hydraulique des turbopompes en fonction de débit volumique	60
<b>V.5</b>	Variation de la puissance d'arbre des turbopompes en fonction de débit volumique	61
<b>V.6</b>	Variation de la puissance hydraulique de la station de pompage en fonction de débit volumique	62
<b>V.7</b>	Variation de la puissance mécanique de la station de pompage en fonction de débit volumique	63
<b>V.8</b>	Les courbes caractéristiques d'une pompe d'une station de 24 pouces	64
<b>V.9</b>	( a ,b ) description de fonctionnement d'un algorithme PSO standard.	67
<b>V.10</b>	Évolution de la fonction objective en fonction de taille de population	68
<b>V.11</b>	( A , B ,C, D, E ) évaluations de fitness en fonction d'itération.	69
<b>V.12</b>	la Variation des puissances hydrauliques des pompes principale (l'ancienne et l'optimale) en fonction de débit Volumique (série)	73
<b>V.13</b>	la variation des puissances hydrauliques des pompes principales (l'ancienne et l'optimale) en fonction de débit volumique (parallèle)	73
<b>V.14</b>	la Variation des puissances de l'arbre des pompes principales (l'ancienne et l'optimale) en fonction de débit volumique (série)	74
<b>V.15</b>	la Variation des puissances de l'arbre des pompes principales (l'ancienne Et l'optimale) en fonction de débit volumique (parallèle)	75
<b>V.16</b>	la Variation des puissances hydrauliques de la station de pompage (utilisant les anciennes pompes et les pompes optimales) en fonction de débit volumique (parallèle)	76

## LISTE DES FIGURES.

---

<b>V.17</b>	la Variation des puissances hydrauliques de la station de pompage (utilisant les anciennes pompes et les pompes optimales) en fonction de débit volumique (série)	76
<b>V.18</b>	la Variation des puissances mécaniques de la station de pompage (utilisant les anciennes pompes et les pompes optimales) en fonction de débit volumique (parallèle)	77
<b>V.19</b>	la Variation des puissances mécaniques de la station de pompage (utilisant les anciennes pompes dans un cas et les optimales pompes dans l'autre cas) en fonction de débit volumique (série)	78

## LISTE DES TABLEAUX.

---

Liste des tableaux :

N(°)	Titres	Pages
<b>II.1</b>	Caractéristique de la ligne	21
<b>II.2</b>	Localisation géographique des stations	21
<b>II.3</b>	Localisation géographique des postes de sectionnement	22
<b>II.4</b>	Caractéristique des stations	23
<b>III.1</b>	Données de la zone principale	44
<b>IV.1</b>	Significations physique	47
<b>IV.2</b>	données de constructeur	51
<b>V.1</b>	résultats des pompes optimales	72

# Introduction générale

## Introduction générale

L'exploitation du pétrole brut comme source énergétique fossile, est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine. Dense, facilement stockable et transportable, le pétrole fournit la quasi-totalité des carburants liquides.

Pour des raisons d'efficacité, d'économie et de sécurité, la méthode préférée pour son acheminement des lieux d'extraction (puits) à celles de consommation (raffineries et terminaux marins) est d'utiliser un réseau de transport par canalisation.

Le transport par canalisation a pris, au cours de ces dernières décennies, une importance grandissante correspondant à une augmentation constante des productions et des consommations, faisant ainsi ressortir l'intérêt des moyens de transport massifs.

Cette hausse de production aura nécessairement des conséquences directes sur les capacités de transport, de stockage et d'exportation des hydrocarbures liquides qui vont suivre une tendance croissante en fonction de la demande des marchés aussi bien au niveau national qu'à l'international.

L'Algérie, pays à la fois producteur, exportateur et consommateur, exporte une grande partie de la production pétrolière Algérienne vers l'étranger à partir des terminaux marins d'Arzew, de Bejaia et de Skikda qui sont alimentés par la région de Haoud El Hamra/Hassi Messaoud surnommée le cœur du domaine pétrolier, car elle contient la plus grande quantité de pétrole brut stocké en Algérie, grâce au nombre important de bacs de stockage existants.

Pour permettre à ces bacs de stockage d'alimenter les ports du nord du pays par des quantités considérables, dans les meilleures conditions et avec un fonctionnement optimal, des canalisations de différents diamètres ont été installées après plusieurs études techniques détaillées.

Au cours de son transport, le pétrole brut perd en pression suite au frottement avec la paroi de la canalisation. Cette perte de pression est compensée par les stations de pompage, situées à intervalles réguliers le long de la canalisation, soulevant ainsi la pression du fluide acheminé pour atteindre sa destination finale.

A partir de là, l'objectif recherché de notre étude consiste à définir un modèle de dimensionnement pour une configuration des pompes principales de la station de pompage de départ SP1 du STC OK1 34'' située à Haoud El Hamra, qui permettra de :

1- Répondre au programme de transport de la région est en pétrole brut avec une capacité de 30 MTA et en particulier la raffinerie de Skikda RA1K, ainsi que l'export au niveau du terminal marin de Skikda

2- Assurer l'évacuation de la production du pétrole brut depuis le centre de dispatching des hydrocarbures liquides CDHL de Haoud El Hamra jusqu'au terminal marin de Skikda.

Pour ce faire, notre étude est basée, principalement sur le calcul des puissances nécessaires des pompes pour assurer le fonctionnement du régime d'exploitation avec 4 valeurs de débit  $Q = 2400$  m<sup>3</sup>/h,  $Q = 2650$  m<sup>3</sup>/h,  $Q = 3400$  m<sup>3</sup>/h et  $Q = 4734$  m<sup>3</sup>/h en tenant compte de deux types d'assemblage (en série et en parallèle)

Entrée

Présentation de la  
sonatrach



## I. Présentation sommaire de la SONATRACH :

Créée au lendemain de l'indépendance le 31 décembre 1963, SONATRACH est la compagnie nationale Algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisations, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivées.

Établie comme entreprise nationale par excellence suite à la nationalisation des hydrocarbures le 24 février 1971, SONATRACH a toujours été dans une dialectique féconde avec les différentes phases du développement économique, politique et socioculturel.

Surnommé la major africaine, SONATRACH a été classé en tête de liste des 500 meilleures entreprises africaines pour l'année 2021, un classement effectué durant un contexte particulier, celui de la crise mondiale du coronavirus.

Ce classement résulte principalement du développement des activités de l'entreprise depuis l'exploration pétrolière jusqu'à la commercialisation, tout en œuvrant pour la promotion du contenu local sur tous ces segments, avec une forte présence dans plusieurs projets avec différents partenaires en Afrique, en Amérique latine et en Europe.

Cette consécration vient s'ajouter à celle du Président Directeur Général du Groupe SONATRACH, M. Toufik HAKKAR, qui a été classé en 2021 par le magazine économique américain Forbes Middle East, 5<sup>ème</sup> meilleur PDG dans la liste annuelle des plus puissants dirigeants d'entreprises du Moyen-Orient.

Cette double consécration confirme la bonne dynamique dans laquelle s'est engagée SONATRACH pour faire face aux défis actuels du secteur de l'énergie, tenir ses engagements et garantir l'indépendance énergétique de l'Algérie sur le long terme.

Le déploiement de la SONATRACH s'articule autour des Directions Centrales et Corporate et des Structures Opérationnelles qui consistent en cinq Activités :

**Exploration-Production EP :**

Pour la recherche de nouveaux gisements pétroliers et gaziers sur le territoire national afin de renouveler ses réserves et augmenter ses capacités de production.

**Transport par Canalisation TRC :**

Pour le développement du réseau d'infrastructures de Transport par Canalisations, de stockage, de chargement et déchargement à travers les infrastructures portuaires à quai et en haute mer.

**Liquéfaction-Séparation LQS :**

Pour la transformation des hydrocarbures par la liquéfaction du gaz naturel et la séparation des GPL.

**Raffinage & Pétrochimie RPC :**

Pour l'exploitation et la gestion de l'outil de production du Raffinage et de la Pétrochimie, afin de répondre à la demande du marché national en produits pétroliers.

**Commercialisation COM :**

Pour veiller aux approvisionnements énergétiques du marché national et à la valorisation des hydrocarbures liquides et gazeux, primaires et transformés, exportés sur les marchés internationaux.

Ces Activités sont relayées par 154 filiales et participations dont une quinzaine détenue à 100%, parmi celles-ci, figurent notamment l'Entreprise Nationale de Géophysique ENAGEO, l'Entreprise Nationale de Forage ENAFOR, l'Entreprise Nationale de Grands Travaux Pétroliers ENGTP, et la société nationale de commercialisation et de distribution des produits pétroliers NAFTAL avec un taux d'intégration nationale de 55%.

Parmi les missions de la SONATRACH :

- La recherche de nouveaux gisements pétroliers et gaziers sur le territoire national .
- La gestion des activités en partenariat.
- Le développement de nouveaux projets sur le territoire national et à l'international.
- L'élargissement du réseau d'infrastructures de Transport par Canalisations .

- La transformation des hydrocarbures par la liquéfaction du gaz naturel et la séparation des GPL.
- L'augmentation des capacités de production de GNL .
- La valorisation de l'activité trading à l'international.

Pour assurer l'atteinte de ces objectifs, SONATRACH prévoit à l'horizon 2030, grâce à sa stratégie SH2030, la réalisation des investissements sur le territoire national de plus de 59 milliards de dollars dont 45,8 milliards de dollars dans l'activité Exploration-Production, 8,6 milliards de dollars dans le Raffinage-Pétrochimie et 2,3 milliards de dollars dans le Transport par Canalisations.

En tant que principal investisseur industriel en Algérie, le Groupe SONATRACH, qui a connu en 2020 une nette amélioration des résultats d'exploration en termes de volume d'hydrocarbures mis en place et de coût de découverte, compte mettre en œuvre un plan d'investissement de 40 milliards de dollars, dont 51 % en Dinars, sur les cinq prochaines années et ce, dans le but d'augmenter ses niveaux de production, d'investir dans le renouvellement des réserves, d'améliorer la formation du personnel et le développement de l'expertise dans l'Entreprise. [5]

## **I.1. Présentation de la structure d'accueil :**

### **I.1.1. Activité TRC :**

L'Activité Transport par Canalisation des Hydrocarbures TRC/SONATRACH gère un réseau de transport d'environ 21000 km équipé de :

- 34 canalisations de différents diamètres dont 11 sont réservées au pétrole brut, 3 pour le condensat, 4 pour le GPL et 16 pour le gaz naturel .
- 85 stations de pompage et de compression .
- 300 machines principales .
- 127 bacs de stockage d'une capacité de design de 4.3 millions TEP.
- 03 ports pétroliers (port d'Arzew, de Bejaia et de Skikda) d'une capacité opérationnelle de 320 MTA .
- 03 bases principales de maintenance (DML, DMB et DRC) .
- 01 Centre National de Dispatching Gaz CNDG à Hassi R'mel.

- 01 Centre de Dispatching des Hydrocarbures Liquides CDHL à Haoud El Hamra.
- 01 Centre de Stockage et Transfert des Huiles CSTH à Berkine.

Ce Réseau de Transport est composé de deux parties complémentaires :

**1- Un réseau sud**, qui assure le transport des effluents issus des gisements vers :

- Le CDHL pour le pétrole brut et le Condensat .
- Le CNDG pour le Gaz naturel et le GPL.

**2- Un réseau nord**, qui assure le transport :

- Du pétrole brut du CDHL vers les raffineries et les ports d'exportation.
- Du condensat du CDHL et du gisement de HassiR'mel vers la raffinerie de Skikda et les ports d'exportation .
- Du Gaz naturel du CNDG vers le marché national, les Gazoducs destinés à l'exportation et les complexes de liquéfaction.
- Du GPL de HassiR'mel vers les complexes de séparation.

La gestion de ces réseaux s'opère à travers six (06) Directions Régionales RTO, RTH, RTE, RTI, RTC, HRM et deux (02) Directions Opérationnelles GEM et GPDF.

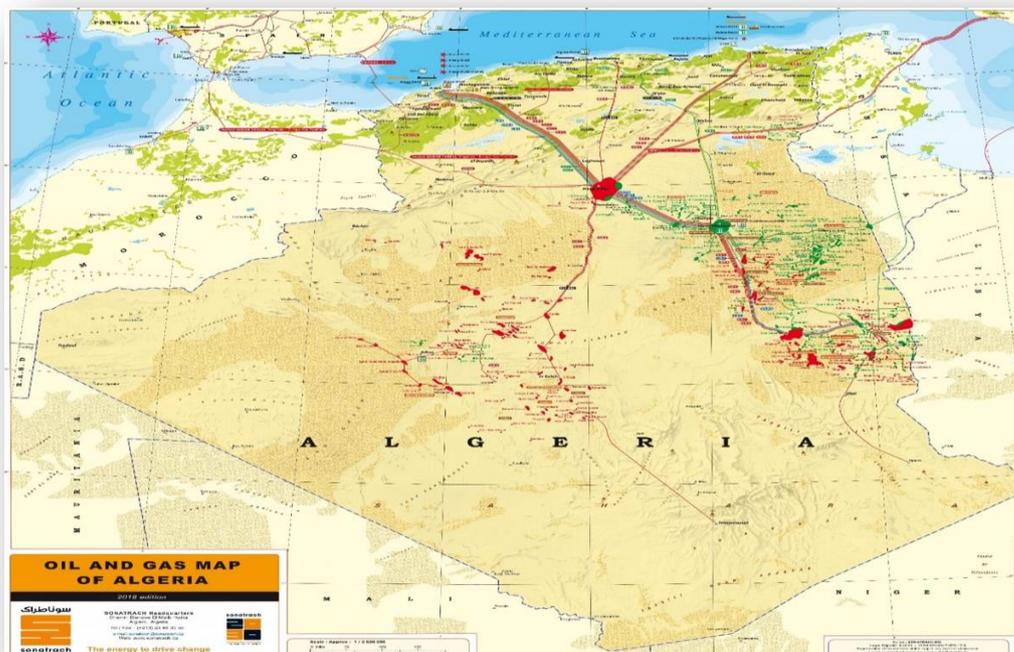


Figure : 1 Réseau TRC

Le rôle de l'Activité Transport par Canalisations, en tant que maillon opérationnel de la stratégie de SONATRACH, est d'optimiser les services apportés aux autres Activités et aux partenaires, en amont et en aval de la chaîne de valeur du groupe, en développant le réseau de transport et en fiabilisant et sécurisant son exploitation.

**L'Activité TRC couvre plusieurs domaines :**

- L'exploitation des ouvrages de transport des hydrocarbures et des installations portuaires à quai et en haute mer (gérer par la Division EXL)
- La maintenance des ouvrages de transport des hydrocarbures et des installations de chargement portuaires à quai et en haute mer (gérer par la Division MTN)
  
- Les études et développements, à l'exception des études relevant de la Direction Corporate Business Development et Marketing DCP BDM et la réalisation de projets relevant de la Direction Centrale Engineering et Project Management DC EPM (gérer par la Division ESR).

**I.1.2. Division ESR :**

La Division Études et Suivi des Réalisations a pour missions essentielles :

- L'arbitrage et la validation des Planning à moyen terme PMT de la Division selon les objectifs et les priorités retenus .
- La conduite des études de réalisation des projets de développement et de réhabilitation des ouvrages de l'activité .
- L'optimisation des coûts et des délais de réalisation des projets .
- La gestion de l'interface avec les structures internes et externes de la Société en matière de suivi des projets .
- Le reporting et l'interface avec la DC EPM ainsi que la DCP BDM .
- La gestion des moyens financiers et humains de la Division .
- La contribution à la recherche dans le domaine d'intérêt de l'activité.

**La Division ESR est organisée comme suit :**

- Une Direction Études et Technologies DET .
- Une Direction Suivi des Réalisations DSR .
- Une Direction Administration et Finances DAF.

**I.1.3. Direction DET :**

La Direction Études et Technologies a pour missions essentielles :

- La réalisation des études d'impact des profils de production PMT et PLT sur le réseau de transport
- - La réalisation des études d'opportunité, de faisabilité et de cohérence des flux/capacité du réseau de transport des hydrocarbures de l'activité, à l'exclusion des études relevant de la DCP BDM
- L'élaboration des plans de développement et de réhabilitation des installations du réseau de transport
- L'estimation des coûts d'investissement et l'élaboration des budgets des projets en maturation.
- L'élaboration des cahiers des charges des projets relevant de l'activité .
- La veille technologique, réglementaire et normative en rapport avec les technologies nouvelles et les exigences liées aux systèmes de transport des hydrocarbures
- L'élaboration et le suivi des dossiers administratifs et réglementaires nécessaires à la réalisation des projets relevant de l'activité TRC .
- La gestion de l'interface avec les différents intervenants (ARH, Ministères, Autorités locales, Domaines, etc.) dans le cadre des projets de l'activité.[5]

# Chapitre I

## Pompes et station et station de pompage

## I. Pompes et station de pompage :

### I.1. Introduction :

Le déplacement de pétrole ce fait par un oléoduc de grand diamètre, pour résoudre le problème des perte des charges dues au frottement, les stations de pompages sont situées à intervalles réguliers le long du pipeline pour augmenter le pression au niveaux souhaité.

### I.2. Station de pompage :

L'activité principale d'une station de pompage est la réception et le pompage du pétrole brut (compression du fluide allant jusqu'à 75 bars) transporté par l'oléoduc depuis le terminal départ jusqu'au terminal arrivé.

Dans notre cas, le STC OK1 est équipé d'une station de pompage de départ SP1 et de quatre (04) stations de pompage intermédiaires réparties tout le long de la canalisation, pour une capacité maximale réelle de 30 MTA.[2]

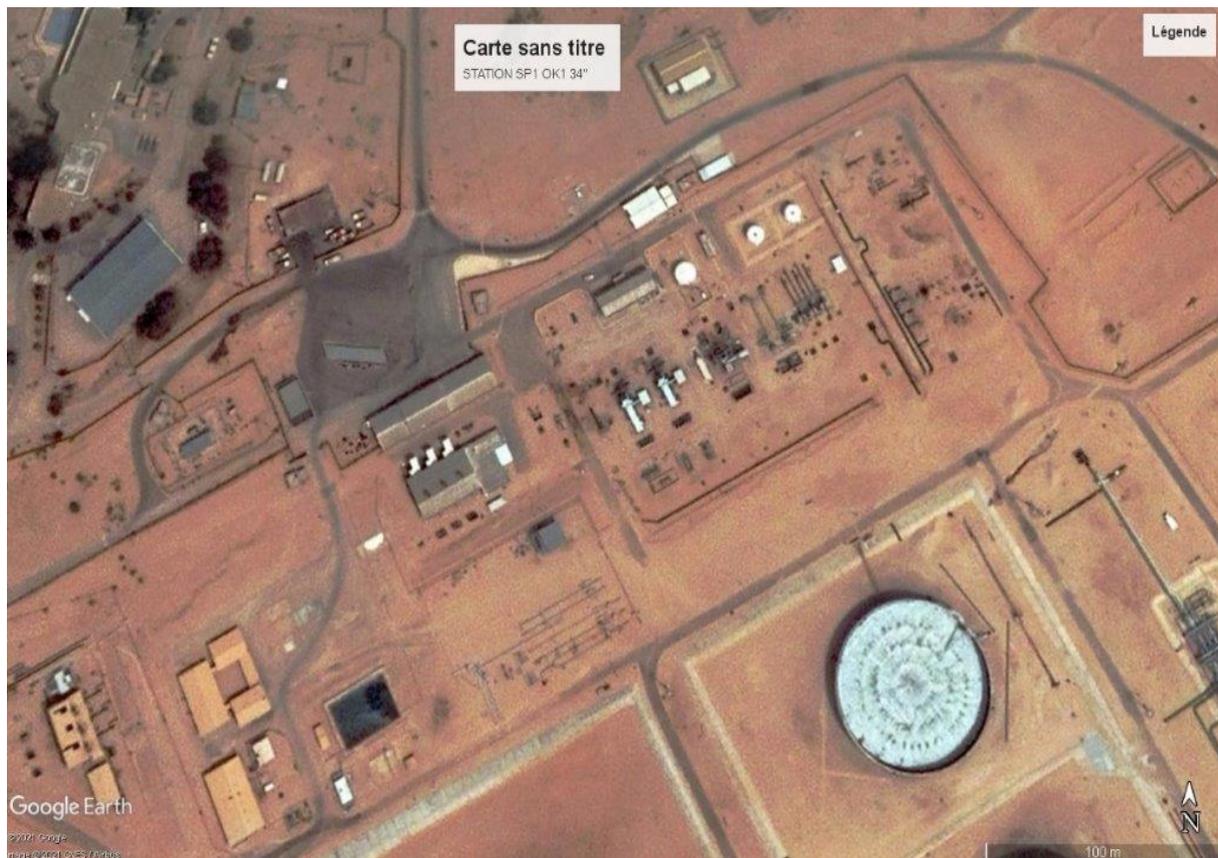


Figure : I.1. Station de pompage SP 1 PK1 34'' vue du ciel

# CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

## **I.2.1. Stations de pompage intermédiaires :**

Le transport du pétrole brut le long de la ligne, provoque des frictions sur la paroi de la canalisation faisant ainsi diminuer la pression du fluide, pour cela, des stations de pompage intermédiaires ont été réparties régulièrement (tous les 60 ou 100 kilomètres) le long de la canalisation pour maintenir la pression et la vitesse du fluide.

La puissance et le nombre de stations dépendent du profil du terrain, mais aussi de la densité et de la viscosité du pétrole brut, ainsi que de la température à laquelle il s'écoule.

Dans notre cas, le STC OK1 est équipé de quatre (04) stations de pompage intermédiaires SP2, SP3 Bis, SP3 et SP4

## **I.2.2. Station de pompage de départ SP1 :**

La station de pompage de départ SP1 aide à booster la pression du pétrole brut arrivant des parcs de stockages à l'aide de pompes pour atteindre la pression de refoulement exigée.

Elle est équipée :

- a) D'une zone Manifold
- b) D'une zone des pompes Booster (électropompes)
- c) D'une zone Station Principale (turbopompes principales d'expédition de pétrole brut)
- d) D'une Gare de lancement de racleur de départ.

### **a. Zone manifold :**

La zone manifold est un collecteur qui représente une jonction de tuyaux et de vannes qui sont utilisés pour transporter en toute sécurité le pétrole des bacs de stockages vers diverses destinations sans interruption de débit.



**Figure I.2**

### **b. Zones des pompes boosters :**

Cette zone est constituée d'un groupe de cinq (05) électropompes assemblées en parallèle.

Le fluide qui arrive à cette zone est dérivé sur plusieurs pompes qui, à leur tour, l'injectent dans la canalisation.



**Figure I.3**

Le débit de sortie sera égal à la somme des débits évacués par chaque pompe, mais avec une pression constante.

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

### c. Zone des pompes principales :

Cette zone est constituée d'un groupe trois (03) turbopompes assemblées.

Le fluide qui arrive à cette zone est pompé par la première pompe vers la deuxième, puis de la deuxième vers la troisième et ainsi de suite.



**Figure I.4**

A la sortie de la station, on aura ainsi une forte pression qui permettra au fluide d'avoir une force accrue de progression dans la canalisation.

### d. Gare racleur :

Une gare de racleur est un équipement sous pression qui, installé aux extrémités d'une canalisation, permet l'envoi et/ou la réception de pistons servant à nettoyer l'intérieur de la tuyauterie par raclage. [2]



**Figure I.5**

### I.2.3. Exigence principale soumise à la station de pompage :

Tout projet de station de pompage doit tenir compte des recommandations suivantes :

- Diminution possible du coût de génie civil.
- Organisation de l'exécution des travaux en phases.
- Détermination du nombre de stations après des calculs technico économique.
- Utilisation des matériaux de conception rente.
- Normalisation des solutions techniques.
- Utilisation des projets-types.
- Il faut éviter les zones inondables.

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

### **I.2.4. Choix de l'emplacement de la station de pompage :**

L'emplacement de la station et les ouvrages doivent assurer les conditions de fonctionnement les plus adéquates avec le minimum possible de surface occupée.

Assurant l'accès des voitures, des engins, des pompiers, à tout le bâtiment et à tout ouvrage.

Les conditions d'exploitation de la station tiennent compte de la fluctuation du niveau d'eau.

Elle dépend du relief d'accès de l'alimentation en énergie électrique ; des conditions géologiques.

### **I.2.5. Les équipements hydrauliques de la station de pompage :**

Ils comprennent :

- Les équipements à l'aspiration (Aval de la pompe)
- Les équipements au refoulement (Aval de la pompe) [2] [6]

### **I.3. Pompe :**

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique convenable. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide.

L'énergie requise pour faire fonctionner ces machines dépend donc des nombreux facteurs rencontrés dans l'étude des écoulements :

- Les propriétés du fluide : masse volumique, viscosité, compressibilité.
- Les caractéristiques de l'installation : longueur, diamètre, rugosité, singularités.
- Les caractéristiques de l'écoulement : vitesse, débit, hauteur d'élévation, pression.

#### **I.3.1. Catégories des pompes :**

Catégories des pompes Généralement les pompes véhiculant des liquides se divisent en deux catégories principales [2] [6]

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

— **Pompes volumétriques** : le déplacement du fluide résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide

— **Turbopompes** : le fluide est animé par une énergie qui lui est transmise par la force centrifuge.

**Remarque : Dans notre travail on va s'intéresser uniquement aux pompes centrifuges dont les pompes en sujet, font partie**

### I.3.1.1. Les pompes volumétriques :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe hermétiquement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile. Celui-ci suit un mouvement cyclique. Pendant un cycle, une quantité du fluide pénètre dans le corps de la pompe à travers l'orifice d'aspiration puis, refoulée à travers l'orifice de refoulement.

Ce type de pompes est destiné pour effectuer des tâches qui ne s'adaptent pas avec le principe de fonctionnement des turbopompes, telles que :

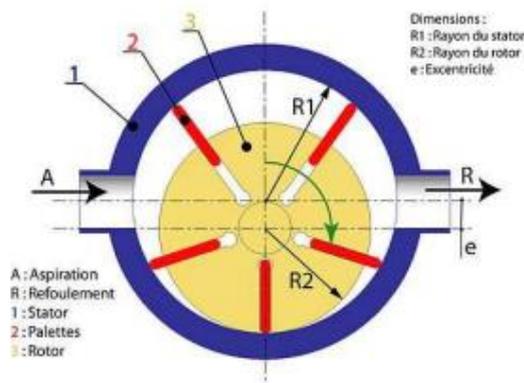
— Le pompage de liquides visqueux tels que les huiles.

— Le dosage précis instantané (industrie pharmaceutique).

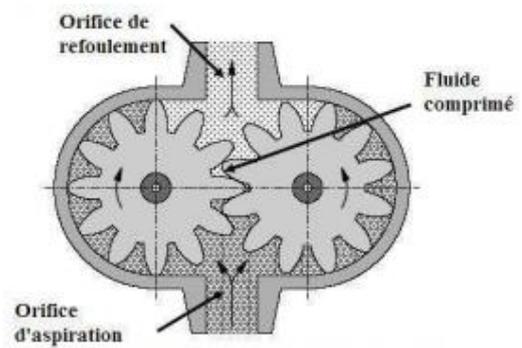
— Le pompage de liquides fragiles (lait, liquides volatils, etc.) qui s'adaptent mal avec les agitations internes dans une turbopompe.

On distingue :

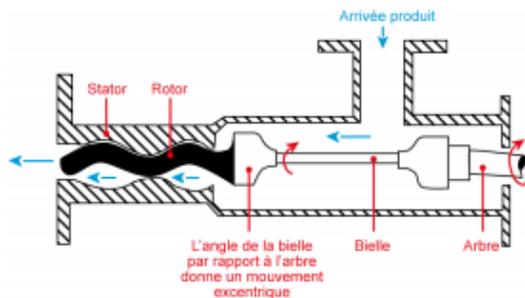
- **Les pompes volumétriques rotatives**
- **Pompes à engrenages extérieurs**
- **Pompes à rotor hélicoïdal excentré**
- **Les pompes volumétriques alternatives**



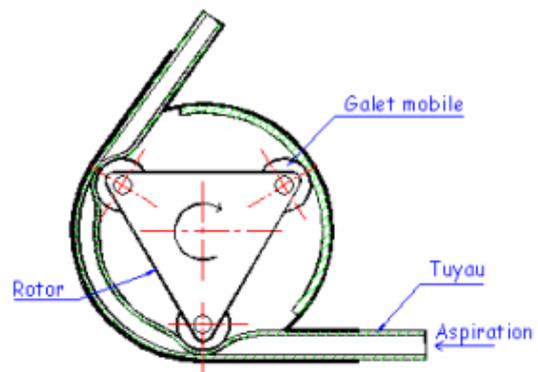
**Figure I.6 : Schéma de d'une pompe à palettes**



**Figure I.7 : Schéma d'une pompe à engrenage**



**I.8 : Schéma d'une pompe à rotor hélicoïdal excentré**



**Figure I.9 : schéma d'une pompe péristaltique**

### I.3.1.2. Les turbopompes :

Une turbopompe est une machine roto-dynamique qui sert à élever, par l'effet de rotation de la roue à aubes, la pression du fluide qui la traverse. C'est le type le plus couramment utilisé. Selon la classification basée sur la forme de la trajectoire à l'intérieur de la pompe (roues radiales, semi-radiales, axiales), on distingue :

#### a. Les pompes centrifuges :

Le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis refoulé radialement.

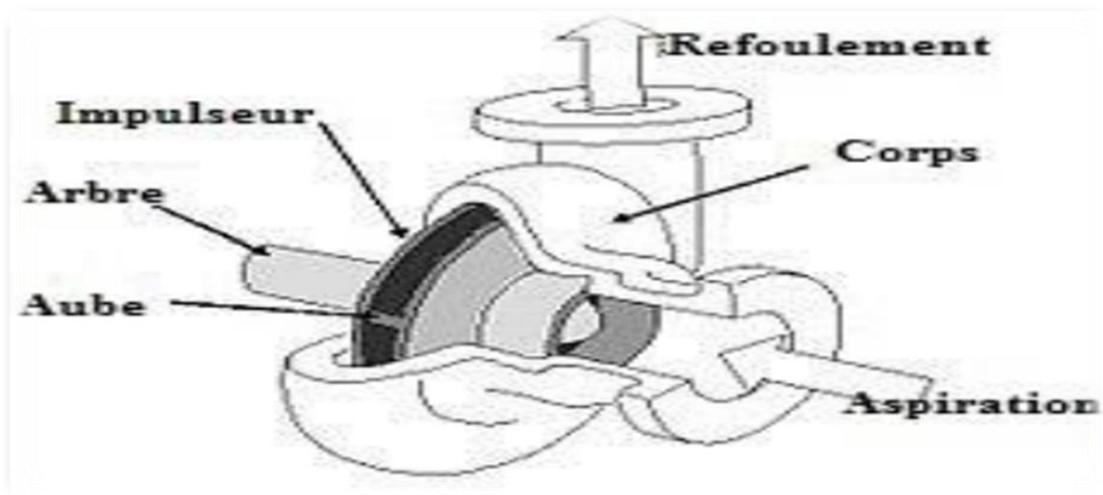
Ce type de pompes est utilisé pour le cas d'une hauteur d'élévation importante (plusieurs dizaines de mètres). [ 4 ]

#### b. Principe de fonctionnement :

Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge est constituée par :

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

- Un trou à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur dans l'axe de la roue
- Un collecteur de section croissante en forme de spirale appelé volute. Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur à la section est croissante. L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixes) à la périphérie de la roue permet une diminution de la perte d'énergie.



### I.10 : un schéma explicatif du fonctionnement d'une pompe centrifuge.

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

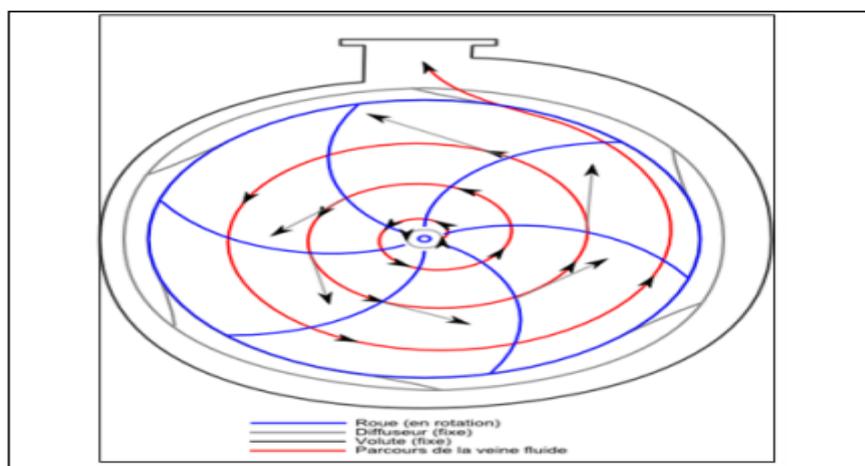


Figure I.11 : Coupe verticale de la roue d'une pompe centrifuge

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

**Amorçage :** Les pompes centrifuges ne peuvent s'amorcer seule. L'aire contenue nécessite d'être préalablement chassé. Pour éviter le désamorçage de la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti retour au pied de la canalisation d'aspiration. [ 4 ]

### c. Utilisation :

Ce sont des pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leurs simplicités et de leur faible coût. Néanmoins il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas :

- Utilisation de liquide visqueux
- Utilisation des liquides susceptibles (supportant pas la très forte agitation dans la pompe)
- Utilisation comme pompes doseuses : risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales. [ 4 ]

### d. Classification des pompes centrifuges :

On peut les classer de plusieurs manières, en tenant compte notamment :

- **Du nombre de roue :** On distingue des machines monocellulaires et des machines multicellulaires.

Une turbomachine monocellulaire, comporte une seule cellule c'est à dire une seule roue dont certaines roues ont des aubages fixes comme mobile (cas d'une roue ouverte). Dans certains cas ; Il est nécessaire de disposer plusieurs cellules actives placées en série, les fluides parcourant successivement chacune d'elle, d'où l'appellation des machines multicellulaires.

- **De la forme des aubes de la roue :**

- Pompes centrifuges radiales : pour lesquelles les filets de courant d'eau sont contenus dans des plans perpendiculaires à l'axe de la pompe.

- Pompes centrifuges axiale : pour les quelle les filets de courant sont axiaux.

- Pompes semi-axiales : (hélico-centrifuges) : Dont les filets sont situés sur des surfaces dont la méridienne est inclinée par rapport à l'axe de la pompe. C'est-à-dire semi- hélicoïdale (ni axiale ni radiale).

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

- **De la direction de l'axe** : On peut avoir plusieurs dispositions :
  - Pompes à axe horizontal : conçues pour être disposées en surface, l'entretien et le démontage de ces pompes sont alors simplifiés.
  - Pompes à axe vertical : ce sont des pompes immergées spécialement conçues pour l'équipement des puits profonds. Elles peuvent être commandées par un moteur placé en surface ou par un moteur immergé.
- **De la position de la pompe par rapport au niveau d'aspiration** : Selon la position de l'axe de la pompe par rapport au plan d'aspiration, on distingue :
  - Des installations des pompes à dépression (en aspiration).
  - Des installations des pompes en charge.
  - Des installations des pompes type siphon.
- **Les pompes hélices** : le fluide pompé est aspiré et refoulé axialement. Ces pompes refoulent à des hauteurs réduites (quelques mètres) de très hauts débits (plusieurs centaines de litres à la seconde).
- **Les pompes hélico-centrifuges** : le fluide pompé est refoulé dans une direction intermédiaire entre la direction axiale et la direction radiale. La pompe hélico-centrifuge convient pour l'irrigation par pompage, car elle constitue une solution optimale permettant d'une part, d'éviter l'inconvénient de la HMT réduite d'une pompe hélice, et d'autre part, avoir un débit supérieur à celui fourni par une pompe centrifuge. [ 4 ]

### I.3.2. ÉQUIPEMENT EN AMONT DE LA POMPE :

**Grilles** : ces dispositifs ne sont utilisés que pour les eaux brutes afin d'éviter l'entrée des corps solides dans la pompe.

**Crépine** : elle évite l'entrée accidentelle des corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perforé qui dirige le passage à des objets nettement plus petits que la grille.

**Conduite d'aspiration** : sur la conduite d'aspiration, on évitera toute formation de poches d'air, d'où les parties horizontales comporteront une légère pente 2% montant en direction de

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

la pompe, ceci permet l'évacuation permanente des bulles d'air, toute contre pente est à proscrire.

**Clapet d'aspiration** (clapet à crépine) : Lorsque la pompe n'est pas immergée, un clapet anti-retour placé sur la canalisation d'aspiration pour éviter le retour d'eau à l'arrêt de la pompe. Ce clapet permet de maintenir la colonne d'eau dans la conduite d'aspiration et le corps de la pompe évitant ainsi de recommencer trop souvent l'amorçage. Ce clapet peut être combiné avec la crépine d'aspiration pour former un clapet à crépine.

**Joints** : la conduite d'aspiration est en dépression, alors une attention particulière sera donnée aux joints afin de supprimer toutes possibilités d'entrée l'air et aussi pour assurer l'étanchéité, dans ce cas on préférera les souder aux joints à emboîtement et aux joints à manchon filetés, pour un raccordement sur les appareils ; clapet, vanne, pompe, on utilisera les joints à brides. Des joints à brides permettant la décomposition des caoutchoucs sont généralement utilisés en vue du démontage pour entretien ou réparation des appareils tels que vannes, pompes, clapets.

**Coudes** : les coudes seront les moins nombreux, et à grande courbure. On évitera de monter un coude juste en amont de la bride d'aspiration.

**Convergent d'aspiration** : la conduite d'aspiration est raccordée à la pompe par un convergent ce qui permet d'avoir accélération progressive de l'écoulement, favorisant la bonne répartition des vitesses, dans le but d'évite toute formation de poche d'air, on place horizontalement la génératrice supérieure de notre convergent.

**Tubulure d'aspiration** : pour le raccordement entre la pompe et la conduite d'aspiration, le diamètre de cette tubulure est inférieur à celle de la conduite d'aspiration tel que  $D_a = 1.2d_a$ .

**La ventouse** : Elle a pour but d'assurer le dégazage de la conduite par l'évacuation de l'air que contient la conduite lors de la mise en fonctionnement pour laisser l'eau à mettre en place (et aussi dans autres cas pour laisser l'air s'entrer dans la conduite quand l'eau entre, pas le cas de la conduite d'aspiration).[ 4 ]

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

### I.3.2. EQUIPEMENT EN AVAL DE LA POMPE :

**Divergent** : à la sortie de la pompe, il est évident que la vitesse de l'eau est très grande dans les conduites de refoulement, il est nécessaire de ralentir cette vitesse pour la maintenir dans une plage admissible.

**Clapet de refoulement** : à la sortie de la pompe, il pourra être placé un clapet dont le rôle sera d'empêcher l'inversion du débit d'eau lors de l'arrêt de la pompe, les clapets les plus utilisés sont les clapets à battant, ils sont installés sur la conduite horizontale.

**Vanne de refoulement** : la vanne de refoulement est placée à la sortie de la pompe avec le clapet anti-retour. Cette vanne peut jouer plusieurs rôles, cette vanne permettra tout d'abord d'isoler la pompe lors des entretiens et des démontages, la vanne peut intervenir également lors de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe dans le cas de pompes centrifuges (notre cas), la manœuvre progressive de la vanne de refoulement permettra par ailleurs ; lors du démarrage et de l'arrêt de groupe, de limiter les coups de bélier due aux variations brusques de la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement.

**Joint de démontage** : les joints de démontage ont pour but de faciliter le montage et le démontage des pièces, de robinetterie, pour le montage, il y a lieu de prendre en considération qu'un déplacement du guidage lors du service n'est pas possible à cause du serrage des écrous de fixation.

**Conduit de refoulement** : elle sert à véhiculer l'eau entre la pompe et le collecteur de refoulement.

**Tubulure de refoulement** : c'est une bouche pour l'évacuation de l'eau vers la conduite de refoulement, pour l'emplacement de conduite de refoulement, le diamètre est déterminé d'après le catalogue.

**Conduite de vidange** : elle existe le long de conduite de refoulement, elle sert à évacuer les eaux qui restent dans le collecteur de refoulement en cas de l'arrêt de la pompe, le diamètre de cette conduite est donné par la formule suivante :  $d_v = 0.25D_r$  ( $d_v$  : diamètre de la conduite de vidange).

**Collecteur de refoulement** : il sert à véhiculer l'eau vers les points de refoulement, le diamètre de collecteur est déterminé après des études technico-économiques.

## CHAPITRE IPOMPES ET STATION DE POMPAGE.

---

**Le By-pass** : un by-pass est placé entre l'aspiration et le refoulement de la pompe, il est muni d'un clapet fermé lorsque la pompe fonctionne normalement, au moment d'un arrêt brusque de la pompe, la dépression dans la conduite provoque l'ouverture du clapet et se trouve aussi limitée à la pression  $H_a$  existant à l'aspiration. Le clapet interdit le retour d'eau.

**Soupape de décharge** : cet équipement est destiné à limiter la surpression. [2] [4]

### **I.4. Conclusion :**

Ce chapitre nous permis de bien connaitre ce qui est une station de pompage et différents types de pompes et plus précisément les pompes centrifuges dont notre mémoire est basé .

# Chapitre II

## Description des installations

## II. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS EXISTANTES : [9]

### II.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va décrire et dénommer la description détaillée sur les pompes principales, booster et les moteurs électrique ainsi que les fabricants.

### II.2. Caractéristique de la ligne :

Longueur (km)	646	Nombre de poste de coupure	03
Diamètre "en pouce "	34	Nombre de postes de sectionnement	22
Epaisseur du tube (mm)	7,92/ 8,74/ 9,52/ 10,31/ 11,13/ 11,91/ 12,70/ 14,27/ 15,88/ 17,48	Pression maximale de service design (bars)	75
Nuance d'acier	X52 / X60 d'après la Norme ISO 3183/API SPEC 5L	Pression maximale de service actuelle (bars)	75
Rugosité du tube (mm)	0,0457	Capacité design (MTA)	30
Type d'enrobage extérieur	Brai de houille et polyéthylène	Date de mise en service	1972
Nombre de stations de pompage	05 ( dont SP3 à l'arrêt et remplacée par SP3 bis )	Constructeur	SOCEA - GRESS

Tableau II.1

### II.3. Localisation géographique des Stations :

	PK / Altitude (m)	Localisation Commune / Daïra / wilaya
TD – SP1	0 / 159	Hassi Messaoud / Hassi Messaoud / OUARGLA
SP2	190 + 200 / 80	El M'rara/ Djamaa / EL OUED
SP3	377+200 / 185	SelgaBouche groune / Tolga / BISKRA
SP4	430+200 / 630	Boumagueur / N'gaous / BATNA

## CHAPITRE II DESCRIPTION DES INSTALLATIONS.

TA – Skikda	645 + 500 / 12	HammadiKrouma / Skikda / SKIKDA
-------------	----------------	---------------------------------

**Tableau II.2**

### II.4. Localisation géographique des postes de sectionnement :

Poste de sectionnement	PK / Altitude (m)	Localisation Commune / Daïra / Wilaya
SP1 + PS 01	00/159	Hassi-messaoud / Hassimessaoud/ OUARGLA
PS 02	32/160	
PS 03	63/150	
PS 04	126/110	BlidetAmor /Temassine / EL OUED
PS 05 + SP2 + PS06	189/80	EL M'rara / Djamaa / EL OUED
PS 07	233/80	El M'ghaier / El M'ghaier/ ELOUED
PS 08	164/100	Still /El M'ghaier /EL OUED
PS 09 + SP3 + PS10	337 + 202 /190	Tolga / Tolga / biskra
PS 10 BIS	366/310	Outaya / Outaya / BISKRA
PS 10 ter	395+736/280	
PS 11 + SP4 + PS 12	430+200/640	Boumagueur / Boumagueur/ BATNA
PS 13	461+869/930	Ras El Aioun / Ras EL Aioun / BATNA
PS 14	493+142/950	Ain Djasser / Ain Djaser / MILA
PS 14 bis	517+717/830	Teleghma/ Teleghma / MILA
PS 15	546+107/670	Oued seguin / Teleghma / MILA
PS 16	575+014/600	
PS 16 bis	594+868/460	Salah Bey / Salah Bey / CONSTANTINE
PS 17	613+746/12	El Herrouche / El Herrouche / SKIKDA
PS 18 + TA	645+256/12	HammadiKrouma / skikda / SKIKDA

**Tableau II.3**

II.5. Caractéristique des stations :

SITUATION GEOGRAPHIQUE		HEH SP1 0	PK	DJAMAA SP2 PK 190+200	SELGA SP3/SP3 Bis PK 337+200	BOUMA GUEUR SP4 PK430+ 200
<b>TURBO POMPES</b>	Turbine	Nombre	3	3	1 + 3	3
		Constructeur	2GE /1N.P	2GE /1N.P	1 GE / 3N.P	3GE
		Type	MS 3132 /PGT 10	MS 3132 /PGT 10	M 3932/ PGT 10	MS 3132
		Puissance ( kw)	2 × 14500 / 14300	2 × 14500 / 14300	14500/3× 14300	3 × 14500
	POMPE	Nombre	3	3	1 + 3	3
		Constructeur	2 Byron Jackson / 1N.P	2 Byron Jackson / 1N.P	1 Byron Jackson / 3N.P	Byron Jackson
		Type	DVDS20×20×28	DVDS20×20×28	DVDS 20×20×28	DVDS 20×20×28
		Débit ( m <sup>3</sup> /h )	4734	4734	4734	4734
		HMT ( m )	500 / 452	500 / 452	500/452	500/452
		Type d'assemblage	Série	Série	Série	Série
<b>BOOSTER</b>	Moteur électrique	Nombre	5	-	-	-
		constructeur	3P.PEEBLEE S / 2 ABB	-	-	-
		Type	BS 187110 / AND500LTV ABM	-	-	-
		Puissance (kw)	365 × 3 / 690	-	-	-
		Nombre	5	-	-	-

## CHAPITRE II DESCRIPTION DES INSTALLATIONS.

	pompe	Construc- teur	3B.J/2FLOW SERVE	-	-	-
		Type	20×20×38KX HOH- 25/18QLC25	-	-	-
		Débit (m <sup>3</sup> /h)	1403 / 2400	-	-	
		HMT (m)	75/101	-	-	-
<b>Turbo alternative ou groupe électrogène</b>	Nombre	3TA + 1GE+ Ligne	1GE +Ligne	3GE + Ligne	1GE + Ligne	
	Construc- teur	Hispano suiza THM 1102	Detroit	Duvant	Detroit	
	Puissance (kw)	3 × 5400 + 275 KVA	-	-	-	
<b>consommation</b>						
	Gaz	Gasoil	Gaz	Gaz		
<b>Pression Max de Refoulement (bar)</b>	74	74	80	74		
<b>Valeur tarage soupape sortie (bar)</b>	74	74	94	94		
<b>Pression min d'aspiration (bar)</b>	1,2	2,1	4	2,1		
<b>Valeur tarage soupape entrée</b>	-	33	26	33		

(bar)				
Date de mise en service	1972/2005	1976/2005	1972/2005 SP3bis	1976

Tableau II.4

**II.6. Système de Transport par Canalisation STC pour hydrocarbures liquides**

Un Système de Transport par Canalisation pour hydrocarbures liquides (comme le pétrole brut) est constitué d'une ou plusieurs canalisation(s), de parcs de stockage, de stations de pompage, de postes de coupure, de postes de sectionnement, avec un terminal départ et un terminal arrivé

Dans notre étude, on s'intéressera au STC OK1. [1] [5]

**II.6.1. Le Système de Transport par Canalisation STC OK1 :**

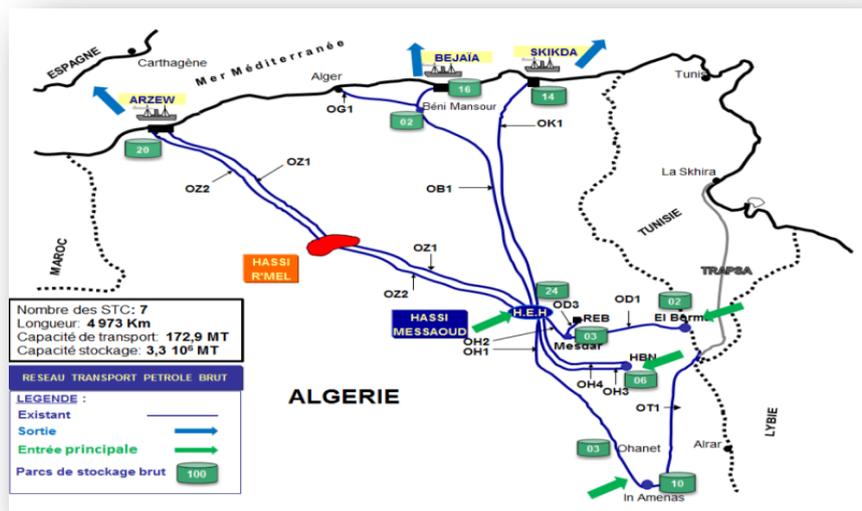


Figure II.1 : le réseau de transport par canalisation

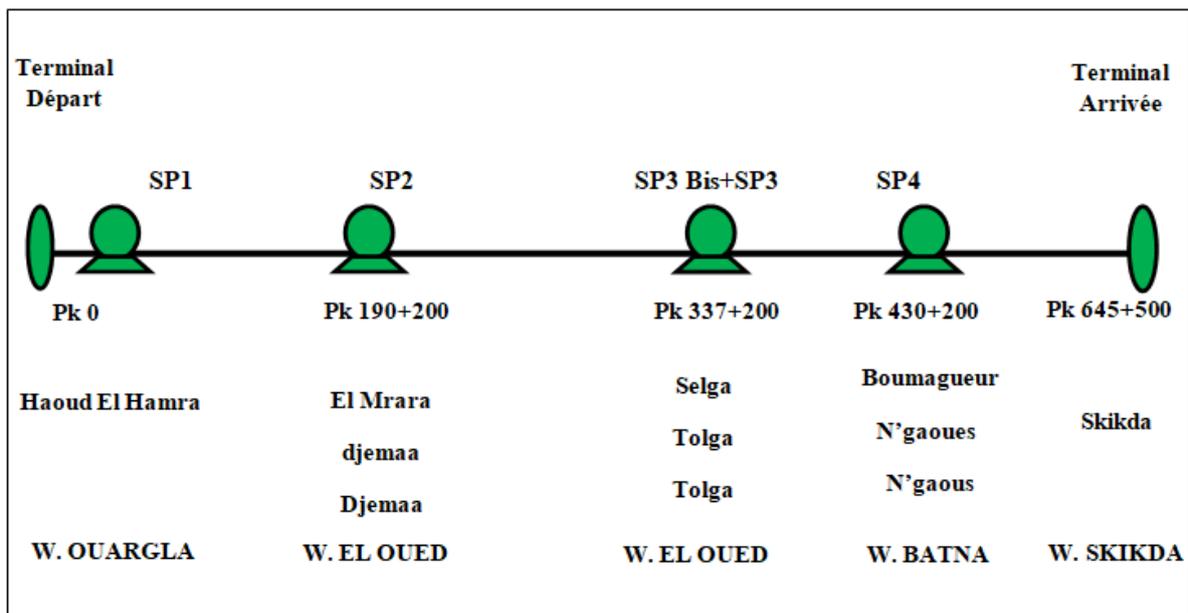
**STC OK1** : est une canalisation (dite oléoduc qui transporte le pétrole brut de la région de Haoua El Hamra vers Skikda traversant une distance de 646 km, à travers un diamètre extérieur de 34’’.

Mis en service en 1972, le STC OK1 fait partie du patrimoine de la Direction Régionale Transport Est RTE et est géré conjointement par la Direction Régionale Transport Haoua El Hamra RTH pour la station de pompage de départ SP1 HEH et la Direction Régionale Transport Est pour la partie ligne et les autres stations de pompage.

## CHAPITRE II DESCRIPTION DES INSTALLATIONS.

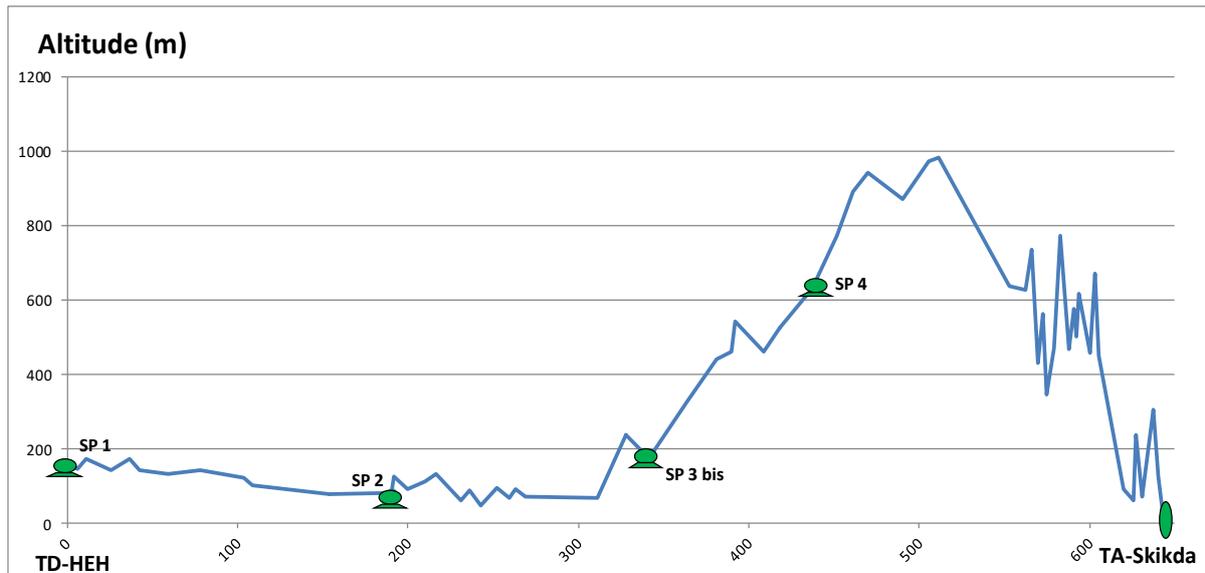
Le STC OK1 se compose :

- 1- D'un oléoduc .
- 2- D'un parc de stockage .
- 3- D'une station de de pompage de départ SP1 .
- 4- De quatre (04) stations de pompage intermédiaires (SP2, SP3 Bis, SP3 et SP4) .
- 5- De vingt-deux (22) postes de sectionnement .
- 6- De trois (03) postes de coupure.
- 7- D'un terminal de départ.
- 8- D'un terminal d'arrive.



**Figure II.2 : Schéma descriptif du STC OK1**

Le tracé de l'OK1 n'étant pas régulier du fait de la nature des terrains rocheux qu'il traverse, ainsi que des nombreuses traversées d'oueds, un profil altimétrique (profil de terrain) a été défini suivant les distances et élévations des différents points kilométriques PK de l'oléoduc.  
[1] [5]



**Figure II.3 : Profil Altimétrique du STC OK**

### II.6.2. Oléoduc :

Un oléoduc est une canalisation, généralement enfouis dans le sol, destinée au transport des hydrocarbures liquides, comme le pétrole brut, sur de longues distances.

Ayant un diamètre nominal compris entre 12'' et 48'' en général, les oléoducs sont le plus souvent construits à partir de tubes d'acier soudés bout à bout, revêtus extérieurement voire intérieurement. Les matériaux utilisés pour sa fabrication dépendent de la nature et de l'état des produits qu'ils doivent transporter.

Le pétrole brut Algérien transporté, est issu de l'exploitation des puits, avec uniquement comme traitement le dessablage, et la décantation de l'eau. [5]

Il se mesure en barils et se caractérise comme suit :

Couleur : noir

Densité = 0.800

Sel = 40 g/l

Soufre (%) poids = 0.100

Viscosité = 2.1 cm<sup>2</sup>/s

### II.6.3. Parc de stockage :

Un parc de stockage est un espace où se trouve un ensemble de bacs de stockage (grands réservoirs de stockage) connectés à

une canalisation d'entrée et une autre de sortie assurant respectivement le remplissage et la vidange du pétrole brut.

Les parcs de stockage se trouvent à proximité des terminaux de départ et d'arrivée. [5]



Figure II.4. : Parc de stockage vu du ciel

### II.6.4. Terminal départ TD :

Un terminal de départ est un point source pour le lancement du pétrole brut via l'oléoduc, il est essentiellement constitué :

- D'une gare de lancement de racleur pour nettoyer périodiquement la canalisation ;
- D'un réseau de tuyauteries ;
- D'un banc de filtration ;
- D'un banc de régulation qui a pour but de régler la pression au départ de l'oléoduc pour permettre l'exploitation à des valeurs basses de débits ;
- D'un banc de comptage. [1]

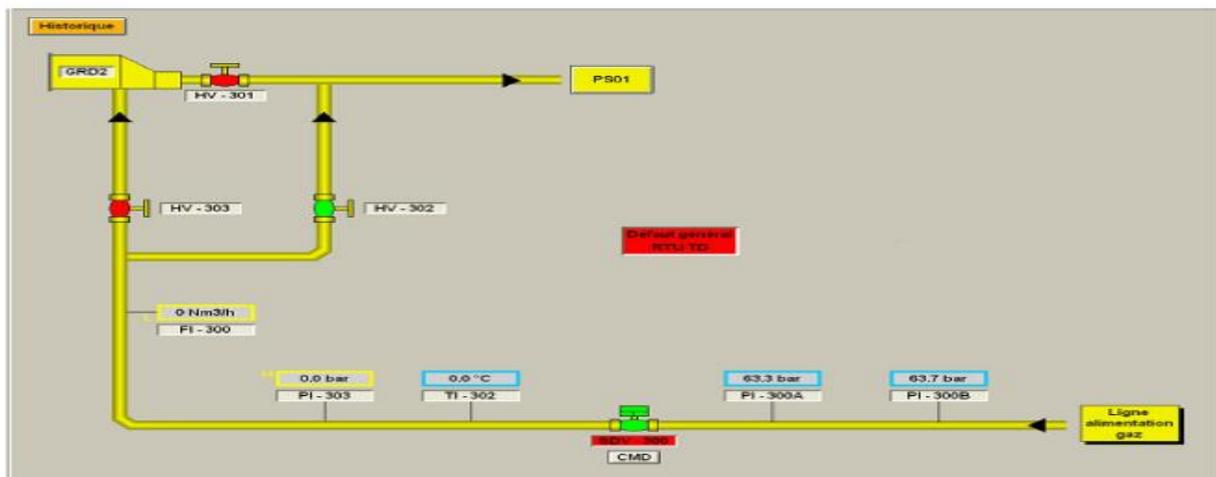


Figure II.5 : schéma descriptif d'un terminal départ

### II.6.5. Terminal arrivée TA :

Un terminal d'arrivée est un point de livraison où se terminent un ou plusieurs oléoducs principaux, il est constitué principalement : [1]

- D'une gare de réception de racleur de nettoyage
- D'un réseau de tuyauterie.

Et peut également comporter un bac de stockage.



Figure II.6 : Terminal Arrivée

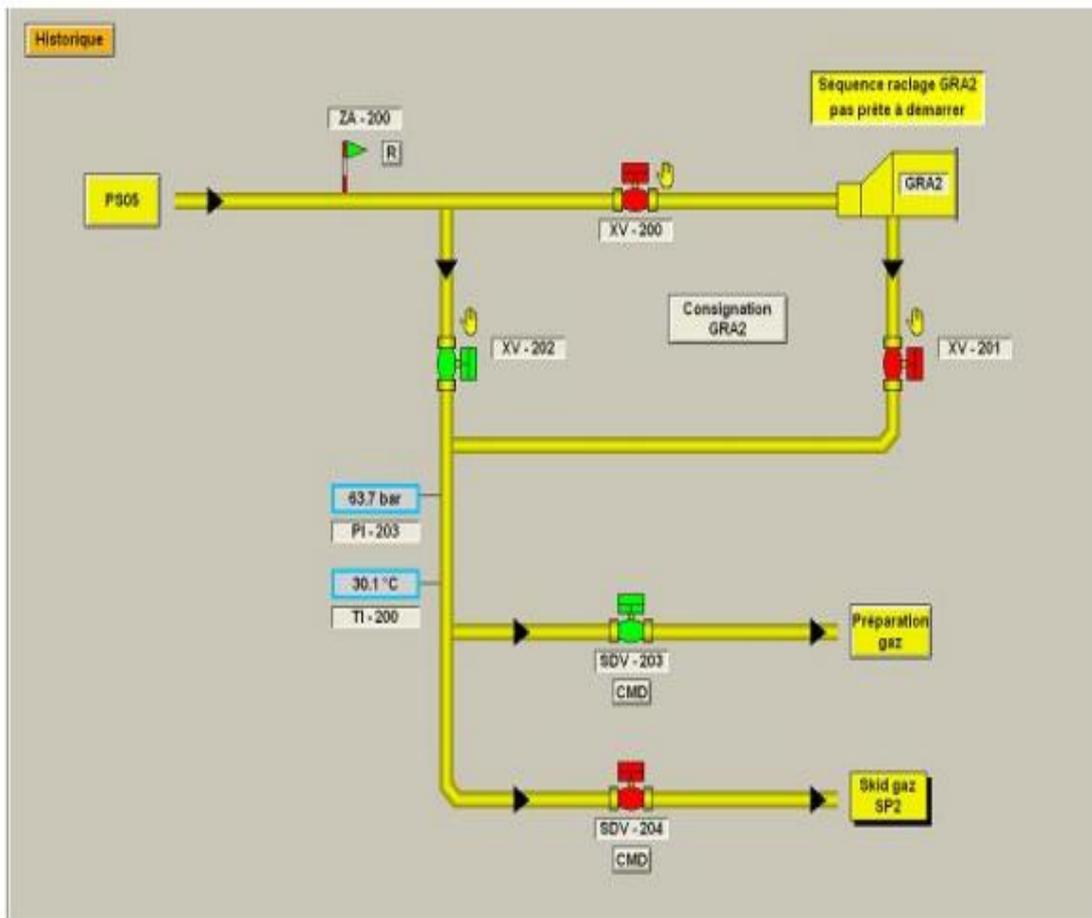


Figure II.7 : schéma descriptif d'un terminal arrivé

### II.6.6. Poste de sectionnement PS :

Les postes de sectionnement permettent d'isoler un tronçon de canalisation afin d'assurer sa maintenance ou de limiter les conséquences néfastes en cas de fuite.



Figure II.8 : PS

Ces postes sont parfois équipés de coupure pour introduire et recevoir des pistons, destinés à contrôler les différents paramètres d'intégrité de la canalisation : géométrie, propreté, perte de métal, fissuration [5]

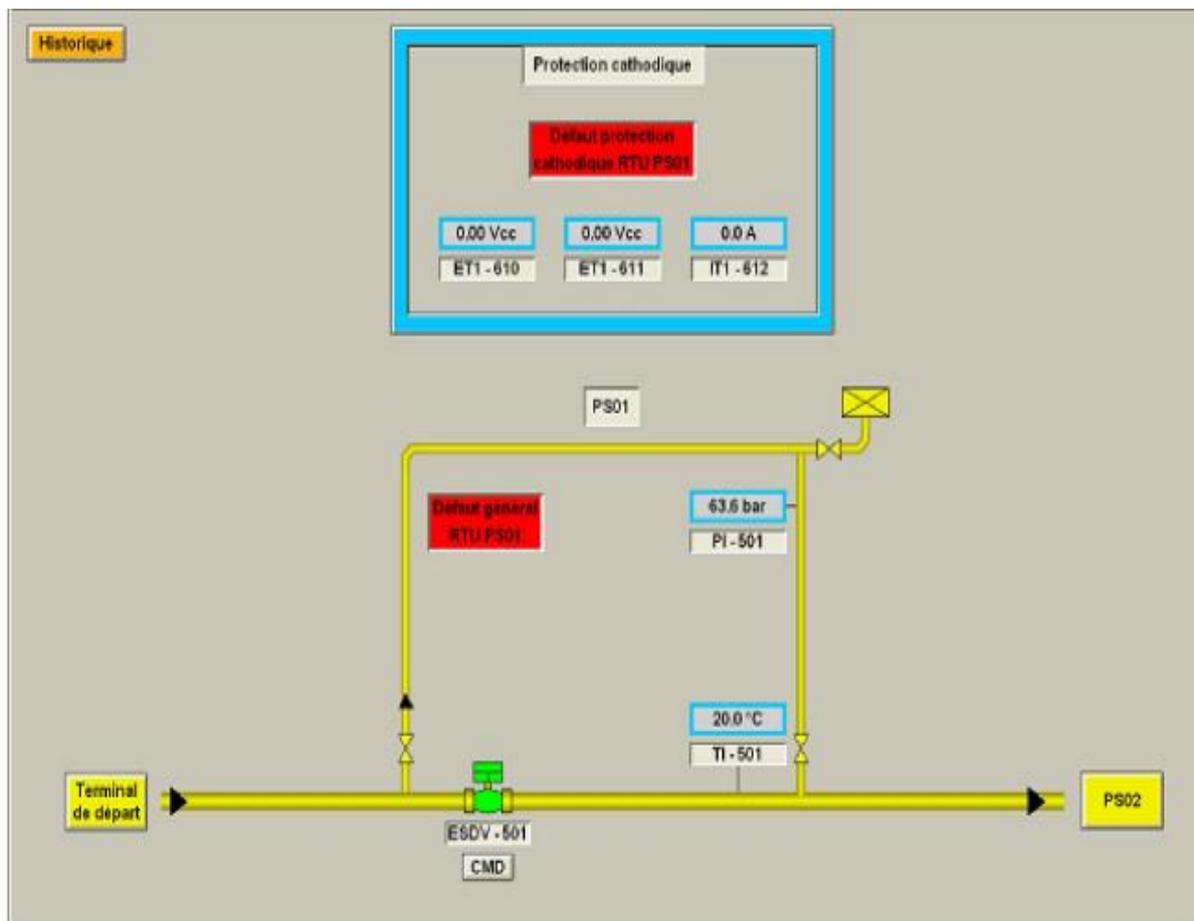


Figure II.9 : schéma descriptif d'un poste de sectionnement

### II.6.7. Poste de coupure PC :

Les postes de coupure permettent d'introduire et de réceptionner les pistons de nettoyage (racleur nettoyage oléoduc), afin de nettoyer la canalisation. Ils sont parfois utilisés en cas de travaux sur le réseau lorsqu'il est nécessaire d'isoler une partie de la canalisation.



**Figure II.10 : PC**

Ces postes représentent également un emplacement éventuel pour une nouvelle station de pompage. [1]

## II.7. Présentation des machines tournantes utilisées dans de la station SP1 :

### II.7.1. Zone principale :

Les trois (03) pompes utilisées dans la zone principale sont des pompes centrifuges entraînées par trois (03) turbines à gaz.

Deux d'entre elles sont construites par FLOWSERVE/Byron Jackson et sont entraînées par deux turbines à gaz construites par GE OIL & GAZ et la troisième pompe est construite par GE OIL & GAZ/NUOVO PIGNONE et est entraînée par une turbine à gaz du même constructeur.

#### II.7.1.1. Pompes principales :

##### a. FLOWSERVE/BYRON JACKSON :

Les deux pompes FLOWSERVE/BYRON JACKSON installées dans la zone principale sont des pompes horizontales de type DVDS 20x20x28 destinées pour les canalisations.

Elles ont été mises en service sur la station en 1980. [17] [11]

### Caractéristiques :

- \_ Rotation de **7000 tr/min**
- \_ Débit de **327.32 m<sup>3</sup>/h**
- \_ Pression atteignant **482,63 bars**
- \_ Température atteignant **315 °C**

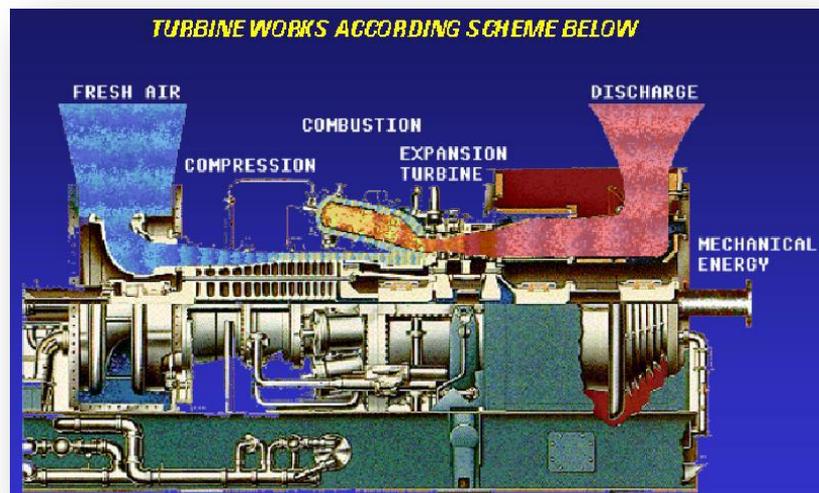
#### **b. GENERAL ELECTRIC OIL & GAZ/NUOVO PIGNONE :**

La pompe GE OIL & GAZ/NUOVO PIGNONE installée dans la zone principale est une pompe de type DVS 20x20x28.

Elle a été mise en service sur la station en 2005

#### **II.7.1.2. Turbines à gaz :**

Les turbines à gaz ou plus exactement turbine à combustion, sont des machines tournantes thermodynamiques appartenant à la famille des moteurs à combustion interne, qui servent à produire du travail par l'entraînement en rotation de l'arbre, lui-même couplé aux pompes principales.



**Figure II.11 : schéma d'une turbine à gaz**

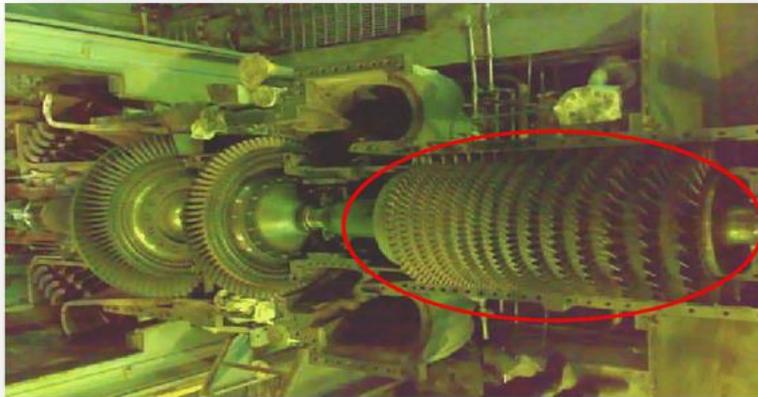
### a. Turbines GENERAL ELECTRIC OIL & GAZ :

Les turbines GE OIL & GAZ installées dans la zone principale sont de type MS-3132.

Elles ont été mises en service sur la station en 1980. [14] [15]

#### Caractéristiques :

- \_ La turbine à gaz GE MS-3132 est composée d'un compresseur axial à 15 étages, avec 06 chambres de combustion et une turbine à 4 étages.
- \_ Puissance de 14500 KW
- \_ Révision chaque 32.000 heures



## II.12. turbine à gaz GENERAL ELECTRIC OIL & GAZ

### b. Turbine GENERAL ELECTRIC OIL & GAZ/ NUOVO PIGNONE:

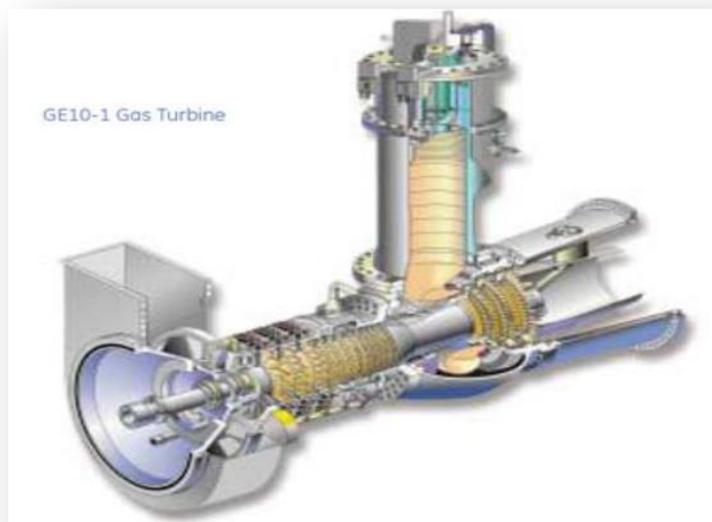
La turbine GE OIL & GAZ/ NUOVO PIGNONE installée dans la zone principale est de type PGT 10/GE 10-1.

Elle a été Mise en service sur la station en 2002.[16]

#### Caractéristiques

- \_ La turbine à gaz GE MS-3132 est composée d'un compresseur axial à 11 étages, avec une chambre de combustion et une turbine à 3 étages.
- \_ Poids de 34.000 Kg
- \_ Rotation de **11.000 tr/min**

- \_ Puissance de **14.500 KW**
- \_ Température atteignant **482 °C**
- \_ Débit atteignant **47,5 kg/s**
- \_ Rendement de **31,4 %**
- \_ Bonne fiabilité et maintenabilité
- \_ Faible coût de maintenance



**Figure II.13 : Turbine GENERAL ELECTRIC OIL & GAZ/ NUOVO PIGNONE**

### **II.7.2. Zone booster :**

Les cinq (05) pompes utilisées dans la zone principale sont des pompes centrifuges entraînées par cinq (05) moteurs électriques asynchrones

Trois d'entre elles sont construites par FLOWSERVE/Byron Jackson et sont entraînées par des moteurs construits par P. PEEBLES et les deux autres pompes sont construites par FLOWSERVE et sont entraînées par des moteurs construits par ABB. [13]

#### **a. Pompes booster FLOWSERVE/BYRON JACKSON:**

Les trois pompes installées dans la zone booster sont du même constructeur que les deux pompes installées dans la zone principale.

### **b. Pompes booster FLOWSERVE:**

Les deux pompes FLOWSERVE installées dans la zone booster sont de type 18QLC25.

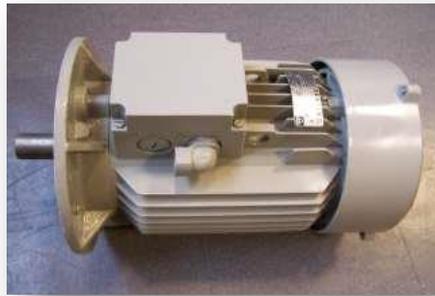
Elles ont été Mises en service sur la station en 2003.[12]

Puissance de 365 KW.

### **II.7.3. Moteur électrique :**

#### **a. Moteur électrique asynchrone :**

Le moteur asynchrone ou moteur à induction, est une machine électrique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique en utilisant des phénomènes électromagnétiques, permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant électrique et un dispositif mécanique.



**Figure II.14 : Moteur électrique asynchrone**

Ce moteur est très utilisé dans l'industrie, car il est : simple à construire, pas couteux, robuste, économique et ne nécessite que peu de maintenance. Sa vitesse de rotation est presque constante sur une plage étendue de puissance.

#### **b. Moteurs PARSON PEEBLES:**

Les trois moteurs P. PEEBLES installés dans la zone booster sont de type BS187110.

Elles ont été mises en service sur la station en 1986.



**FigureII.15 : Moteur Parson Peebles**

### **Caractéristiques :**

- \_ Puissance de 365 KW.

### **c. Moteurs ABB :**

Les deux moteurs ABB installés dans la zone booster sont des moteurs asynchrones à moyenne tension MT de la gamme des moteurs antidéflagrants de type AMD500 LTVABM.



**Figure II.16 : Moteur ABB**

Ces moteurs ont subi avec succès les essais de type et reçu le numéro de certification de conformité par des organismes notifiés reconnus dans le monde entier, et l'usine fabriquant ces moteurs a été qualifiée conforme à la Directive européenne 94/9/EC (ATEX) par un organisme notifié pour la production de moteurs Sécurité Ex.[10]

Ces moteurs ont été conçus et fabriqués conformément aux deux Normes Internationales Électrotechniques IEC 60079-0 et IEC 60079-1

Elles ont été mises en service sur la station en 2004.

### **Caractéristiques :**

- \_ Puissance de **690 KW**.
- \_ Haut rendement.
- \_ Faible niveau de bruit
- \_ Longue durée de vie
- \_ Système d'isolation à imprégnation sous vide et pression

– Conception moderne

### II.8. Présentation des fabricants : [6]

#### II.8.1. FLOWSERVE



Née en 1997, la FLOWSERVE Corporation est une société américaine multinationale et l'un des plus grands fournisseurs de machines industrielles telles que pompes, vannes, garnitures mécaniques et services aux entreprises d'ingénierie et de construction, aux fabricants d'équipement d'origine, aux distributeurs et aux utilisateurs finaux dans les secteurs de l'énergie, du pétrole, du gaz, de la chimie et autres.

FLOWSERVE compte plus de 18.000 employés dans plus de 55 pays.

FLOWSERVE propose plus de 100 modèles de pompes distincts et une large gamme de produits de vannes et de joints.

Partout dans le monde, FLOWSERVE s'efforce de créer des solutions de contrôle de flux extraordinaires pour aider leurs clients à obtenir des résultats commerciaux tangibles : des coûts d'exploitation réduits, des performances optimisées, une durée de vie prolongée des équipements, des risques atténués et une productivité accrue

#### II.8.2. FLOWSERVE/BYRON JACKSON



BYRON JACKSON est une entreprise de la famille de marques FLOWSERVE, qui est une entreprise américaine avec une histoire d'innovation riche et stable. Bien que constituée en société publique à la Bourse de New York en 1997, son héritage remonte à la fondation de Simpson & Thompson en 1790 en Grande-Bretagne.



#### II.8.3. GENERAL ELECTRIC GE OIL & GAZ

GENERAL ELECTRIC est un conglomérat américain fondé en 1892 par la fusion d'une partie de Thomson-Houston Electric Company et d'Edison General Electric Company, elle

## CHAPITRE II DESCRIPTION DES INSTALLATIONS.

---

possède 36 filiales dans plus de 142 pays. Elle est classée septième entreprise mondiale au monde.

GE OIL & GAS est une division de General Electric qui détenait ses investissements dans l'industrie pétrolière et qui a fusionné en juillet 2017 avec Baker Hughes.

Elle fournit des équipements pour l'industrie pétrolière, parmi elles les turbines à gaz et les compresseurs de gaz.

### II.8.4. GENERAL ELECTRIC GE OIL & GAZ /NUOVO PIGNONE



Le groupe italien NUOVO PIGNONE est leader européen dans le secteur des turbines à gaz et leader mondial, avec 20 % du marché, dans celui des compresseurs.

Près de 40 % de l'activité industrielle du groupe italien se font sur licence GENERAL ELECTRIC, et cela, après que GE soit devenue actionnaire de référence du groupe italien.

L'objectif de NUOVO PIGNONE a toujours été de dépasser les attentes des clients en termes de qualité et de service.

NUOVO PIGNONE utilise uniquement des pièces de rechange d'origine pour une meilleure performance avec qualité et sécurité optimale. Elle offre aussi un service sur site hautement expérimenté.

### II.8.5. PARSONS PEEBLES



L'entreprise PARSONS PEEBLES a été fondée en 1898 au Royaume-Uni et est l'un des principaux fournisseurs de machines électriques de qualité, avec une longue histoire de fabrication et d'entretien de moteurs qui entraînent des pompes, des ventilateurs et d'autres équipements.

Les moteurs électriques fabriqués par P. PEEBLES sont conformes aux normes internationales électrotechniques IEC et les installations de production sont conformes à la norme de qualité internationale ISO 9001.

## CHAPITRE II DESCRIPTION DES INSTALLATIONS.

---

PARSONS PEEBLES est un fournisseur complet, à réponse rapide de produits et services électromécaniques à l'échelle mondiale. Il fournit aussi des solutions et des services de qualité supérieure à l'industrie pétrolière et gazière.

Les produits fournis par P. PEEBLES vont des moteurs moyenne tension standard aux moteurs haute tension sur mesure spécialement conçus, souvent à des paramètres opérationnels très difficiles.

Les moteurs PARSONS PEEBLES sont conçus pour la durabilité et la fiabilité dans le but de réduire les coûts de maintenance et de prolonger la durée de vie.

### II.8.6.



Depuis plus d'un siècle, ABB, Entreprise d'envergure internationale, conçoit, fabrique et commercialise des moteurs électriques, avec une expérience et un parc installé unique de machines à courant alternatif MT et HT dans pratiquement tous les secteurs industriels.

Le groupe est présent dans de nombreux pays où il dispose d'implantations commerciales et de compétences pour accompagner ses clients. Il est connu pour la fiabilité de ses équipements électriques.

ABB a une expérience de 50 ans dans la fabrication des moteurs asynchrones antidéflagrants MT pour les atmosphères explosives.

Les moteurs ABB de la gamme sécurité, sont destinés aux applications industrielles des secteurs du pétrole/gaz de la chimie et de la pétrochimie.

ABB a développé une gamme complète de produits qui allie sécurité, fiabilité et haut rendement énergétique. Ces moteurs disposent d'arguments importants, ils sont fiables, performants, et compétitifs.

### II.9. Conclusion :

Ces installations contribuent pour un meilleur pompage dans la station afin de garantir un transport par canalisation sain, cet ensemble mis en œuvre permet d'acheminer le pétrole vers le nord de l'Algérie.

# Chapitre III

## Calculs énergétiques des pompes

### III.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va étudier le couplage d'une pompe en série et parallèle, dans chaque cas les caractéristiques de la pompe seront mesurées et analysées.

### III.2. Couplage des pompes :

#### III.2.1. Couplage en série :

Le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde. Le même débit traverse les deux pompes et les hauteurs d'élévation produites par chaque groupe s'ajoutent.

**Remarque** : Dans tous les cas, la hauteur résultant du couplage est inférieure à la somme des hauteurs créées pour chaque pompe fonctionnant seule sur la même canalisation. [2]

#### III.2.2. Couplage en parallèle :

Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun.

- Le débit de collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe.
- La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

Remarque : la somme des débits partiels  $< Q_{tot}$ . Théorique [2]

**III.3. Définitions :**

- **Puissance hydraulique :**

L'arbre de la pompe accélère le fluide qui traverse les aubes en lui communiquant une certaine puissance hydraulique. [7]

Cette dernière est donnée par la relation suivante :

$$P_h = Q \times \rho \times g \times H$$

- **Le rendement :**

On appelle puissance à l'arbre la puissance mécanique requise fournie par la rotation de l'arbre de la pompe (grâce à un moteur d'entraînement). Elle est mesurée sur l'arbre de la pompe [7]. Elle s'exprime par :

$$\eta = \frac{P_h}{P_{mu}}$$

- $P_h$  : Puissance hydraulique
- $P_{mu}$  : Puissance à l'arbre (Puissance mécanique unitaire requise )

- **Puissance à l'arbre :**

On appelle puissance à l'arbre la puissance mécanique requise fournie par la rotation de l'arbre de la pompe (grâce à un moteur d'entraînement). Elle est mesurée sur l'arbre de la pompe. [7]

- **Puissance électrique (d'un moteur électrique) :**

$$P_{\text{électrique}} = \frac{P_{mu}(\text{des pompes boosters})}{\eta_{\text{moteur électrique}}}$$

- **Fluide :**

Corps qui peut changer de forme sous l'action d'une force très faible comme l'eau, le gaz . . . etc. On distingue deux types de fluides, fluide : [7]

- **Fluide compressible** : un fluide est dit compressible si le volume occupé par une masse donnée varie en fonction de la pression extérieure.
- **Fluide incompressible** : un fluide est dit incompressible si le volume occupé par une masse donnée ne varie pas en fonction de la pression extérieure.

- **Viscosité  $\mu$  :**

Résistance d'un fluide au glissement d'une couche par rapport à une autre, elle s'oppose à la fluidité. Plus un liquide s'écoule lentement plus il est visqueux.

- **Masse volumique  $\rho$  :**

Désigne une grandeur physique qui définit la masse d'un matériau par unité de volume.

- **Densité  $d$  :**

Est le rapport entre la masse du volume d'un corps et la masse du même volume d'eau ou d'air .

### III.4. Partie Calculs :

#### III.4.1. Les pompes boosters : (5 pompes toujours en parallèle ) :

On doit deviser le débit sur 5 :

$$Q'_1 = 0,1334 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q'_2 = 0,1472 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q'_3 = 0,2166 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q'_4 = 0,263 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{P \ aspiration} = 0,5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\mathbf{P \ refoulement} = 6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = P \text{ ref} - P \text{ asp} = 6 \times 10^5 - 0,5 \times 10^5 = 5,5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**Le rendement :**  $\eta = 0,85$

➤ **Puissance hydraulique :**

$$P_h = Q \times \rho \times g \times H \text{ avec } H = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

$$\rightarrow P_h = Q \times \Delta P$$

$$P_{h1} = Q'_1 \times \Delta P = 0,1334 \times 5,5 \times 10^5 = 73370 \text{ w}$$

$$P_{h2} = Q'_2 \times \Delta P = 0,1472 \times 5,5 \times 10^5 = 80960 \text{ w}$$

$$P_{h3} = Q'_3 \times \Delta P = 0,2166 \times 5,5 \times 10^5 = 119130 \text{ w}$$

$$P_{h4} = Q'_4 \times \Delta P = 0,263 \times 5,5 \times 10^5 = 144650 \text{ w}$$

➤ **Puissance mécanique unitaire requise :**

$$P_{mu} = \frac{P_h}{\eta}$$

$$P_{mu1} = \frac{P_{h1}}{\eta} = \frac{73370}{0,85} = 86317,647 \text{ w}$$

$$P_{mu2} = \frac{P_{h2}}{\eta} = \frac{80960}{0,85} = 95247,059 \text{ w}$$

$$P_{mu3} = \frac{P_{h3}}{\eta} = \frac{119130}{0,85} = 140152,941 \text{ w}$$

$$P_{mu4} = \frac{P_{h4}}{\eta} = \frac{144650}{0,85} = 170176,470 \text{ w}$$

➤ **La puissance totale requise :**

$$P_t = P_{mu} \times \text{nombre de machine en fonctionnement}$$

$$P_{t1} = 86317,647 \times 5 = 431588,235 \text{ w}$$

$$P_{t2} = 95247,059 \times 5 = 476235,295 \text{ w}$$

$$P_{t3} = 140152,941 \times 5 = 700764,705 \text{ w}$$

$$P_{t4} = 170176,470 \times 5 = 850882,35 \text{ w}$$

**III.4.2. Les moteurs électrique : ( 5 moteurs électriques sen parallèle )**

Le rendement :  $\eta = 0,85$

➤ **Puissance électrique unitaire :**

$$P_{é} : \frac{P_{mu}}{\eta_{\text{moteur électrique}}}$$

$$P_{é1} = \frac{P_{mu1}}{\eta} = \frac{86317,647}{0,85} = 101550,1729 \text{ w}$$

$$P_{é2} = \frac{P_{mu2}}{\eta} = \frac{95247,059}{0,85} = 112055,3635w$$

$$P_{é3} = \frac{P_{mu3}}{\eta} = \frac{140152,941}{0,85} = 164885,8129w$$

$$P_{é4} = \frac{P_{mu4}}{\eta} = \frac{170176,470}{0,85} = 200207,6118w$$

➤ **Puissance électrique totale :**

$$P_{ét} = P_{é} \times \text{nombre de machine en fonctionnement}$$

$$P_{ét1} = P_{é1} \times 5 = 507750,8645 w$$

$$P_{ét2} = P_{é2} \times 5 = 560276,817 w$$

$$P_{ét3} = P_{é3} \times 5 = 824429,0645 w$$

$$P_{ét4} = P_{é4} \times 5 = 1001038,059 w$$

**III.4.3. Pour les turbines à gaz et les pompes principales : ( 3 turbines et 3 pompes )**

Nombre de machine en fonctionnement (N)	En série		En parallèle	
	Débit (Q) (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta P \times 10^5$ (pascal)	Débit (Q'') (m <sup>3</sup> /s) $Q'' = \frac{Q}{N}$	$\Delta P \times 10^5$ (pascal)
1	0,667	34	0,667	34
1	0,736	34	0,736	34
2	1,083	34	0,5415	34
3	1,315	68	0,438	68

**Tableau : III.1. Données de la zone principale**

**a. En série :**

Le rendement  $\eta = 0,35$

➤ **Puissance hydraulique :**

$$P_{h1} = Q_1 \times \Delta P = 2267800 \text{ w}$$

$$P_{h2} = Q_2 \times \Delta P = 2502400 \text{ w}$$

$$P_{h3} = Q_3 \times \Delta P = 3682200 \text{ w}$$

$$P_{h4} = Q_4 \times \Delta P = 8942000 \text{ w}$$

➤ **Puissance unitaire développée :**

$$P_{\text{mu}1} = \frac{P_{h1}}{\eta} = \frac{2267800}{0,35} = 6479428,5 \text{ w}$$

$$P_{\text{mu}2} = \frac{P_{h2}}{\eta} = \frac{2502400}{0,35} = 7149714,286 \text{ w}$$

$$P_{\text{mu}3} = \frac{P_{h3}}{\eta} = \frac{3682200}{0,35} = 10520571,43 \text{ w}$$

$$P_{\text{mu}4} = \frac{P_{h4}}{\eta} = \frac{8942000}{0,35} = 25548571,43 \text{ w}$$

➤ **Puissance mécanique totale :**

$$P_{t1} = P_{\text{mu}1} \times 1 = 6479428,571 \text{ w}$$

$$P_{t2} = P_{\text{mu}2} \times 1 = 7149714,286 \text{ w}$$

$$P_{t3} = P_{\text{mu}3} \times 2 = 21041142,86 \text{ w}$$

$$P_{t4} = P_{\text{mu}4} \times 3 = 76645714,29 \text{ w}$$

b. **En parallèle :**

➤ **Puissance hydraulique :**

$$P_{h1} = D_{p1} \times Q''_1 = 34 \times 10^5 \times 0,667 = 2267800 \text{ w}$$

$$P_{h2} = D_{p2} \times Q''_2 = 2502400 \text{ w}$$

$$P_{h3} = D_{p3} \times Q''_3 = 1841100 \text{ w}$$

$$P_{h4} = D_{p4} \times Q''_4 = 2978400 \text{ w}$$

➤ **Puissance mécanique unitaire développée :**

$$P_{mu1} == \frac{P_{h1}}{\eta} = \frac{2267800}{0,35} = 6479428,571 \text{ w}$$

$$P_{mu2} == \frac{P_{h2}}{\eta} = \frac{2502400}{0,35} = 7149714,286 \text{ w}$$

$$P_{mu3} == \frac{P_{h3}}{\eta} = \frac{1841100}{0,35} = 5260285,714 \text{ w}$$

$$P_{mu4} == \frac{P_{h4}}{\eta} = \frac{2978400}{0,35} = 8509714,286 \text{ w}$$

➤ **Puissance mécanique totale :**

$$P_{t1} = P_{mu1} \times 1 = 6479428,571 \text{ w}$$

$$P_{t2} = P_{mu2} \times 1 = 7149714,286 \text{ w}$$

$$P_{t3} = P_{mu3} \times 2 = 10520571,43 \text{ w}$$

$$P_{t4} = P_{mu4} \times 3 = 25529142,86 \text{ w}$$

### III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre le travail accomplie avait pour but de comparer le résultat obtenue des calculs de la puissance hydraulique de la puissance mécanique ainsi que la puissance totale sur 2 deux montages de pompe différent le montage en série et le montage en parallèle les résultats obtenues nous ont amenés à conclure que le montage en série est le montage qui nous offres les meilleurs résultats.

# Chapitre IV

## Analyse hydraulique

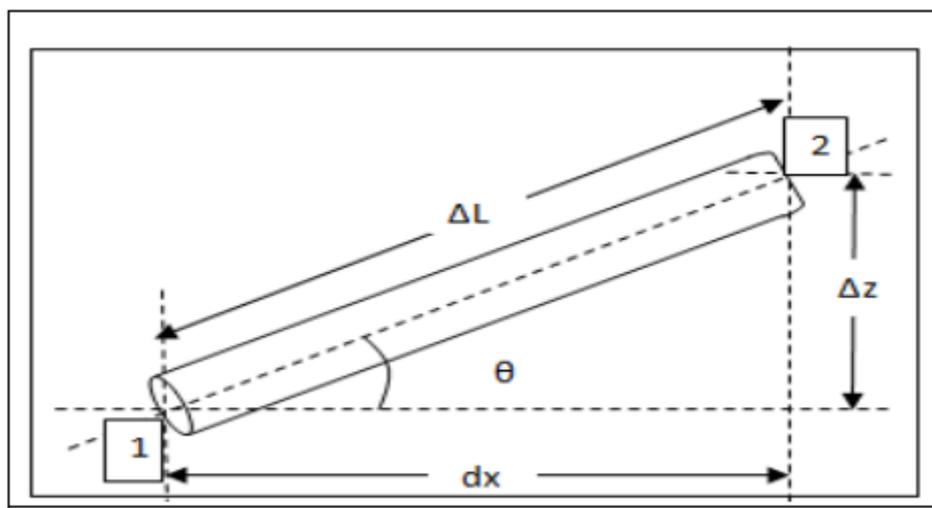
**IV. 1. Introduction :**

Ce chapitre traitera la présentation de la méthode de calcul du transport d'hydrocarbure liquide en calculant les grandeurs physiques nécessaires à ce transport, telles que la chute de pression (perte de charge) le long de la canalisation et la vitesse du fluide,

La chute de pression dépendra de plusieurs propriétés du fluide (pétrole brut) tels que la longueur de la pipe L, de son diamètre D, de la vitesse du fluide V (donc du débit Q).

Nous avons jugé nécessaire de présenter brièvement dans ce chapitre cette méthode de calcul

**IV.2. Équation de Bernoulli :**



**Figure : IV.1 écoulement de fluide dans une canalisation inclinée**

Une conduite entre 2 points d'un tronçon est donnée par l'équation de Bernoulli suivante : [6]

$$P_1 + \rho g z_1 + \rho \frac{V_1^2}{2} = P_2 + \rho g z_2 + \rho \frac{V_2^2}{2} + \Delta P_{1-2}$$

La signification physique et les unités des termes de cette équation est :

	$P_{1,2}$	$\rho g z_{1,2}$	$\rho \frac{V_{1,2}^2}{2}$	$\Delta P_{1-2}$
<b>Pressions</b>	Statique	Statique	Dynamique	Perte de pression

**Tableau IV.1 : Significations physiques**

Avec :

- $Z_1, Z_2$  : Altitude d'un point considéré (m) .
- $V_1, V_2$  : Vitesse à l'amont et l'aval de l'installation (m/s)
- $\rho$  : masse volumique du fluide ( kg/ m<sup>3</sup> )
- $g$  : accélération de pesanteur ( m/ s<sup>2</sup> )

La conservation du débit volumique ( $Q = VS = \text{constante}$ ) pour une section constante donne  $V_1 = V_2$  d'où :

$$P_2 = P_1 - [ \rho \times g \times \Delta Z + \Delta P_{1-2}$$

### IV.3. Perte de charges :

La perte de pression ou perte de charge  $\Delta P_{1-2}$  est la somme de la perte de charge linéaire ( $\Delta P_L$ ) et de la perte de charge singulière (  $\Delta P_s$  ) [8]

#### IV.3.1. Perte de charge linéaire $\Delta P_L$ :

Elle est due à la rugosité dans la conduite, elle est donnée par :

$$\Delta P_L = \lambda \times \frac{L}{D} \times \rho \times \frac{V^2}{2}$$

Avec :

- $\lambda$  : Coefficient adimensionnel de perte de charge
- $L$  : Longueur de la conduite
- $D$  : Diamètre intérieur de la conduite
- $\rho$  : Masse volumique
- $V$  : Vitesse donnée par  $\frac{Q}{S}$  où  $S$  est la section droite de la canalisation et  $Q$  est le débit de fluide

Cette équation montre bien que la chute de pression est influencée par plusieurs paramètres tels que  $L$  ,  $D$  ,  $V$  (donc le débit  $Q$ )

Sachant que :

$$V = \frac{Q}{S} \quad \text{on obtient} \quad \rightarrow \Delta P_L = \lambda \times \frac{L}{D} \times \rho \times \frac{Q^2}{2S^2}$$

**IV.3.2. Perte de charge singulière  $\Delta P_s$  :**

Elle est due aux diverses « singularités » existantes le long de la conduite. Elle est donnée par :

$$\Delta P_s = K \times \rho \times \frac{V^2}{2}$$

Avec :

- K : Coefficient de perte de charge singulière qui dépend de la forme de la singularité
- $\rho$  : Masse volumique
- V : Vitesse

**IV.3.3. Pertes de charges totales :**

C'est la somme des pertes de charge singulière et linéaire, elles sont données par :

$$\Delta P_{1-2} = \Delta P_L + \Delta P_s$$

Dans notre cas, les pertes de charge singulière présente 5% des pertes de charge linéaire (estimation de SONATRACH) donc :

$$\Delta P_s = 0.05 \Delta P_L$$

Donc l'expression des pertes de charge totales devient :

$$\Delta P_{1-2} = \Delta P_L + 0.05 \Delta P_L$$

$$\Delta P_{1-2} = 1.05 \Delta P_L$$

$$\Delta P_{1-2} = 1.05 \lambda \frac{L}{D} \times \rho \times \frac{Q^2}{2S^2}$$

$$\text{Avec : } S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{On obtient : } \Delta P_{1-2} = 1.05 \lambda \frac{L}{D^5} \times \rho \times \frac{8Q^2}{\pi^2}$$

**IV.4. Effet de Q , D et L sur les pertes de charges :**

Nous allons étudier l'effet des paramètres Q , D et L sur les pertes de charges . Ce qui nous permettra d'anticiper les résultats attendus et de les confirmer lors de leur obtention, analyse et interprétation.

**a. . Effet de Q sur  $\Delta P_{1-2}$  :**

Si Q augmente ( à D et L constants ) les pertes de charges augmentent aussi , donc le débit causant le moins de pertes de pressions serait le débit le plus faible

**b. Effet de D sur  $\Delta P_{1-2}$  :**

Si D diminue ( à Q et L constants ) les pertes de charges augmentent aussi , donc le diamètre causant le moins de pertes de charges serait le diamètre le plus grand

**c. Effet de L sur  $\Delta P_{1-2}$  :**

Si L augmente (à D et L constants) les pertes de charges augmente aussi , donc la longueur causant le moins de pertes de pression serait la longueur la plus faible .

**IV.5. Nombre de Reynolds :**

C'est le nombre sans dimension qui caractérise le type d'écoulement (laminaire ou turbulent)

Il est donné par la relation suivante : [3]

$$R_e = \frac{4Q}{\vartheta \pi D_{int}}$$

Pour les Reynolds critiques, on a :

$$R_1 = \frac{20}{\varepsilon} \quad et \quad R_2 = \frac{1000}{\varepsilon}$$

- Régime tube lisse :  $R_e < R_{e1}$

$$\rightarrow \lambda = \frac{0.3164}{R_e^{0.25}}$$

- Régime mixte :  $R_{e1} < R_e < R_{e2}$

$$\rightarrow \lambda = 0.11 \times \left( \frac{\varepsilon}{2} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$$

- Régime tube rugueux :  $Re > Re_2$

$$\rightarrow \lambda = 0.11 \times \left( \frac{\varepsilon}{2} \right)^{0.25}$$

**La rugosité :**

$$\varepsilon = \frac{2e}{D_{int}}$$

Avec :  $e = 0.00015 \text{ m}$

#### IV.6. Partie calculs :

**Données :**

Entre la SP 1 ET la SP 2 on a :

Paramètres	valeurs
$S = \frac{\pi D_{int}^2}{4}$	0,5518 m <sup>2</sup>
$K = \frac{0,0835 \times L}{D_{int}}$	38143
diamètre en pouce	34,000
diamètre en m	0,8636
longueur en m	189000
épaisseur (m)	12,7
rugosité relative	0,00015 m
viscosité en m <sup>2</sup> /s	0,00000226
La masse volumique	790
diamètre intérieur	0,8382
hauteur z1 en m	159
hauteur z2 en m	80

**Tableau IV.2 : données de constructeur**

**1. Pertes de charges linéaires  $\Delta P_L$  :**

➤ Pour  $Q_1 = 0,667 \text{ m}^3/\text{s}$

$$V_1 = \frac{Q_1}{S} = \frac{0,667}{0,5518} = 1,029 \text{ m/s}$$

$$R_{e1} = \frac{4 \times Q_1}{\vartheta \times \pi \times D_{int}} = \frac{4 \times 0,667}{\pi \times 0,8382 \times 0,00000226} = 448538,887$$

On a  $R_{e1} < R_e$  donc le régime tube lisse alors :

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_{e1}^{0,25}} = 0,0122$$

$$\text{Donc } \Delta P_L = \lambda_1 \times \frac{L}{D_{int}} \times \rho \times \frac{V_1^2}{2}$$

$$\Delta P_L = 0,0122 \times \frac{189 \times 10^3}{0,8382} \times \frac{1,209^2}{2} \times 790$$

$$\Delta P_L = 1588267,597 \text{ Pa} = 15,88267597 \text{ bar}$$

➤ Pour  $Q_2 = 0,736 \text{ m}^3/\text{s}$

$$V_1 = \frac{Q_1}{S} = \frac{0,736}{0,5518} = 1,334 \text{ m/s}$$

$$R_{e2} = \frac{4 \times Q_2}{\vartheta \times \pi \times D_{int}} = \frac{4 \times 0,736}{\pi \times 0,8382 \times 0,00000226} = 0,494939,439$$

$R_{e2} < R_{ea}$  donc le régime tube lisse

$$\rightarrow \lambda_2 = \frac{0,3164}{R_{e2}^{0,25}} = 0,0119$$

$$\Delta P_{L2} = \lambda_2 \times \frac{L}{D_{int}} \times \rho \times \frac{V_2^2}{2}$$

$$\Delta P_{L2} = 0,0119 \times \frac{189 \times 10^3}{0,8382} \times 790 \times \frac{1,334^2}{2}$$

$$\Delta P_{L2} = 1886122,361 \text{ Pa}$$

➤ Pour  $Q_3 = 1,083 \text{ m}^3/\text{s}$  :

$$V_3 = \frac{Q_3}{S} = \frac{1,083}{0,5518} = 1,962 \text{ m/s}$$

$$Re_3 = \frac{4 \times Q_3}{\pi \times D_{int} \times \vartheta} = \frac{4 \times 1,083}{\pi \times 0,8382 \times 0,00000226} = 728287,246$$

$Re_3 < Re_a$  donc c'est le régime tube lisse

$$\rightarrow \lambda_2 = \frac{0,3164}{Re_3^{0,25}} = 0,0108$$

$$\Delta P_{L3} = \lambda_3 \times \frac{L}{D_{int}} \times \rho \times \frac{V_3^2}{2} = 0,0108 \times \frac{189 \times 10^3}{0,8382} \times 790 \times \frac{1,962^2}{2}$$

$$\Delta P_{L3} = 3702823,445 \text{ Pa} = 37,02823445 \text{ bar}$$

➤ Pour  $Q_4 = 1,315 \text{ m}^3/\text{s}$  :

$$V_4 = \frac{Q_4}{S} = \frac{1,315}{0,5518} = 2,383 \text{ m/s}$$

$$Re_4 = \frac{4 \times Q_4}{\pi \times D_{int} \times \vartheta} = \frac{4 \times 1,315}{\pi \times 0,8382 \times 0,00000226} = 884300,764$$

$Re_4 < Re_a$  donc c'est le régime tube lisse

$$\rightarrow \lambda_4 = \frac{0,3164}{Re_a^{0,25}} = 0,0103$$

$$\Delta P_{L4} = \lambda_4 \times \frac{L}{D_{int}} \times \rho \times \frac{V_4^2}{2} = 0,0103 \times \frac{189 \times 10^3}{0,8382} \times 790 \times \frac{2,383^2}{2}$$

$$\Delta P_{L4} = 5209506,122 \text{ Pa} = 52,09506122 \text{ bar}$$

## 2. Pertes de charges singulières $\Delta P_s$ :

$$\Delta P_s = K \times \rho \times \frac{V^2}{2}$$

$$\text{Avec } K = \frac{0,0835 \times L}{D_{int}^5} = \frac{0,0835 \times 189000}{0,8382^5} = 38143$$

➤ Pour  $Q_1 = 0,667 \text{ m}^3/\text{s}$  :

$$V_1 = 1,209 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s1} = K \times \rho \times \frac{V_1^2}{2} = 38143 \times 790 \times \frac{1,209^2}{2}$$

$$\Delta P_{s1} = 22022394,86 \text{ Pa} = 220,22394 \text{ bar}$$

➤ Pour  $Q_2 = 0,736 \text{ m}^3/\text{s}$  :

$$V_2 = 1,334 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s2} = K \times \rho \times \frac{V_2^2}{2} = 38143 \times 790 \times \frac{1,334^2}{2}$$

$$\Delta P_{s2} = 26811653,78 \text{ Pa} = 268,1165378 \text{ bar}$$

➤ Pour  $Q_3 = 1,083 \text{ m}^3/\text{s}$

$$V_3 = 1,962 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s3} = K \times \rho \times \frac{V_3^2}{2} = 38143 \times 790 \times \frac{1,083^2}{2}$$

$$\Delta P_{s3} = 57997590,28 \text{ Pa} = 579,97590 \text{ bar}$$

➤ Pour  $Q_4 = 1,315 \text{ m}^3/\text{s}$

$$V_4 = 2,383 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s4} = K \times \rho \times \frac{V_4^2}{2} = 38143 \times 790 \times \frac{2,383^2}{2}$$

$$\Delta P_{s4} = 85557882,64 \text{ Pa} = 855,5788264 \text{ bar}$$

### 3. Pertes de charges totales :

$$\Delta P_{1-2} = \Delta P_L + \Delta P_s$$

$$\text{On a : } \Delta P_s = 0,05\Delta P_L$$

➤ Pour  $Q_1 = 0,667 \text{ m}^3/\text{s}$  :

$$\Delta P_{1-2} = \Delta P_L + 0,05\Delta P_L = 1,05 \Delta P_L$$

a.  $\Delta P_{1-2} = 1667680,977 \text{ Pa} = 16,67680977 \text{ bar}$

➤ Pour  $Q_2 = 0,736 \text{ m}^3/\text{s}$  :

b.  $\Delta P_{1-2} = 1,05 \times 1886122,361 = 1980428,479 \text{ Pa} = 19,80428479 \text{ bar}$

➤ Pour  $Q_3 = 1,083 \text{ m}^3/\text{s}$  :

c.  $\Delta P_{1-2} = 1,05 \times 3702823,445 = 3887964,617 \text{ Pa} = 38,87964616 \text{ bar}$

➤ Pour  $Q_4 = 1,315 \text{ m}^3/\text{s}$  :

d.  $\Delta P_{1-2} = 1,05 \times 5209506,122 = 5469981,428 \text{ Pa} = 54,69981428 \text{ bar}$

#### IV.7. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de calculer les pertes de pression dues au frottement sur les parois de la canalisation ou sur les accidents de parcours ce qui nous a conduit à considérer que la pression d'un liquide réel diminue tout au long d'une canalisation dans laquelle il s'écoule même si elle est horizontale et de section uniforme .

# Chapitre V

## Résultats et interprétation

**V.1. Introduction :**

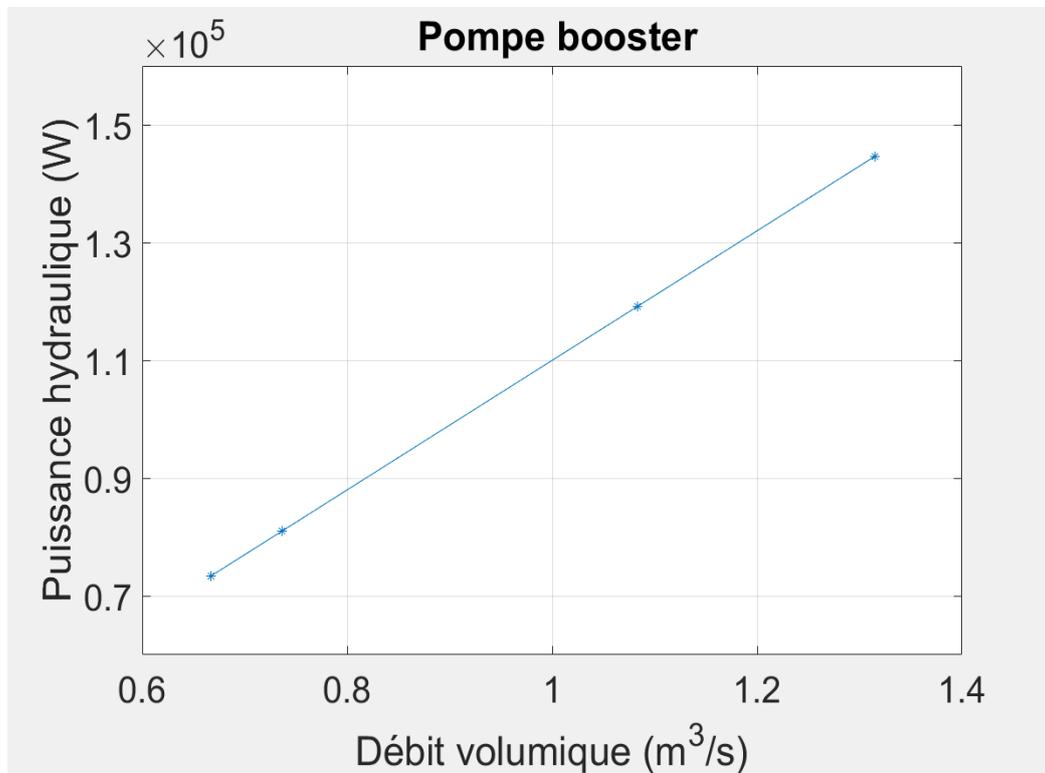
Ce chapitre traitera la présentation et l'interprétation des résultats obtenue par notre programme (MATLAB) en utilisant les méthodes de calculs étudiées aux chapitres précédents, c'est-à-dire les résultats de calcul de station de pompage situé dans la ligne de transport de haoud-el-Hamra- Skikda, et l'optimisation d'une pompe d'une autre ligne (haoud-el-Hamra -Bejaia) qui marche dans des conditions différentes pour qu'elle soit appropriée aux conditions de notre ligne de transport.

**V.2. Présentation du logiciel Matlab :**

Le logiciel Matlab est un logiciel de traitement et de programmation de données numériques dont le domaine d'application est essentiellement la science appliquée.

Son objectif, par rapport à d'autres langages est de simplifier au maximum la transcription du problème dans un langage informatique mathématique, en utilisant une écriture aussi proche que possible d'un langage naturel scientifique.

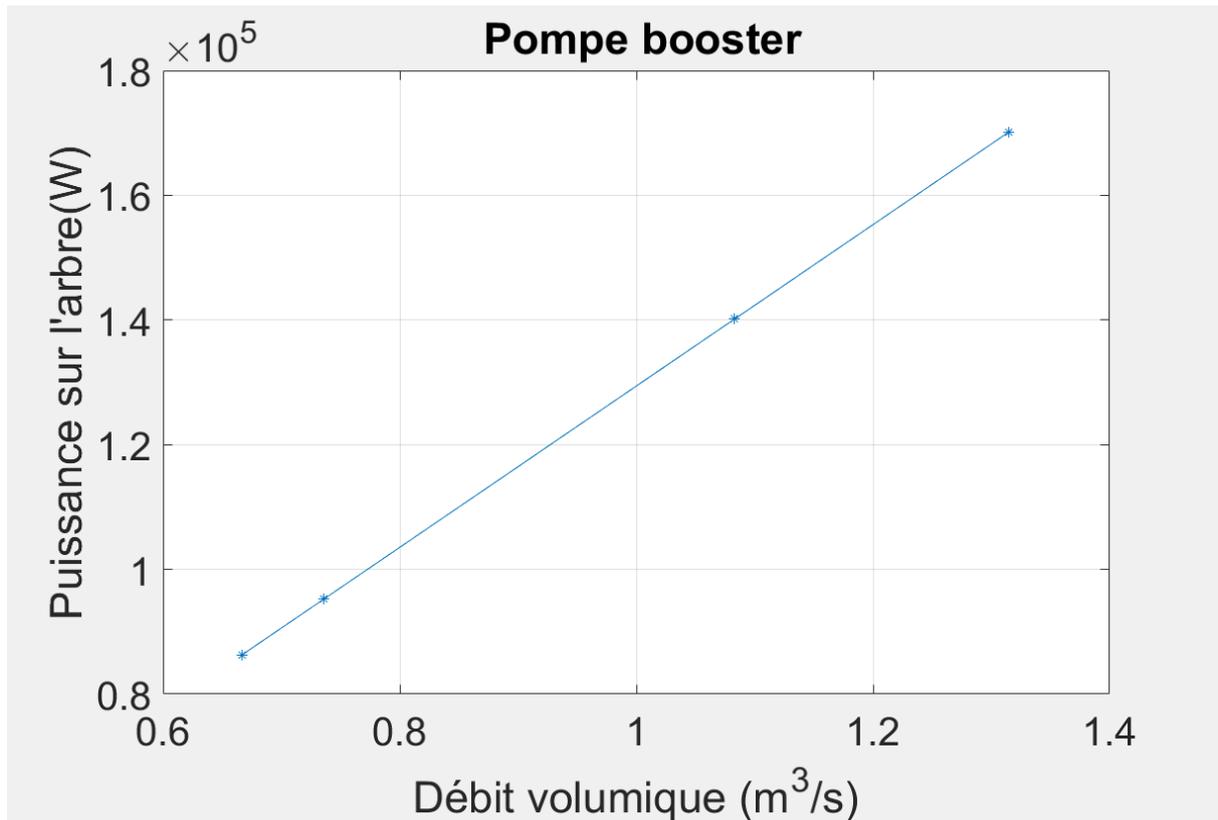
Le logiciel fonctionne sous Windows et Linux. Son interface de manipulation IHM utilise ressource multifenêtres régulière. Son apprentissage ne requiert la connaissance que de quelques principes de base dont l'utilisation des fonctions avancées est très intuitive avec aide intégré aux fonctions. Une alternative à Matlab est le logiciel gratuit scilab, dont la version 5 comprend de nombreux points communs avec Matlab. [18]

**V.3. Résultats et commentaires :****V.3.1. POMPES BOOSTERS :**

**Figure V.1 :** Puissance hydraulique (w) de pompe booster en fonction de débit volumique

La figure V.1 représente la variation de la puissance hydraulique de la pompe booster en fonction de débit volumique pour une valeur donnée de la différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe, on constate à travers cette figure qu'il y'a une relation proportionnelle entre le débit et la puissance hydraulique.

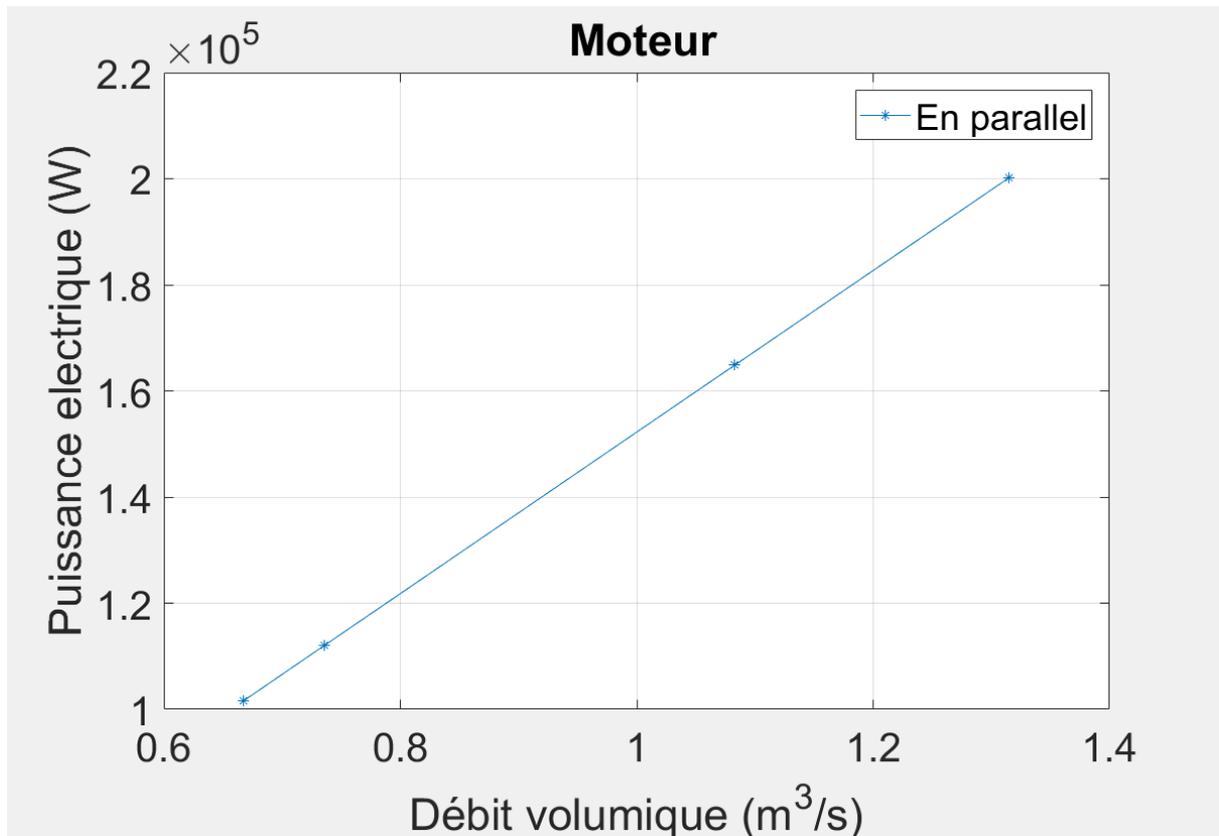
L'augmentation de débit volumique conduit à l'augmentation de la puissance hydraulique. Cette évolution aura un impact sur la valeur de puissance de l'arbre de la pompe qu'on va voir dans la figure suivante.



**Figure V.2 :** Variation des puissances de l'arbre de la pompe booster en fonction de débit volumique.

La figure V.2 représente la variation de la puissance de l'arbre de la pompe en fonction de débit volumique pour une valeur donnée de rendement de la pompe et des valeurs de puissance hydraulique qu'on a déjà calculé .On constate à travers cette figure que l'augmentation de débit volumique conduit à l'augmentation de puissance hydraulique et par conséquent l'augmentation de la valeur de la puissance de l'arbre de la pompe booster.

## V.3.2. Moteur électrique :

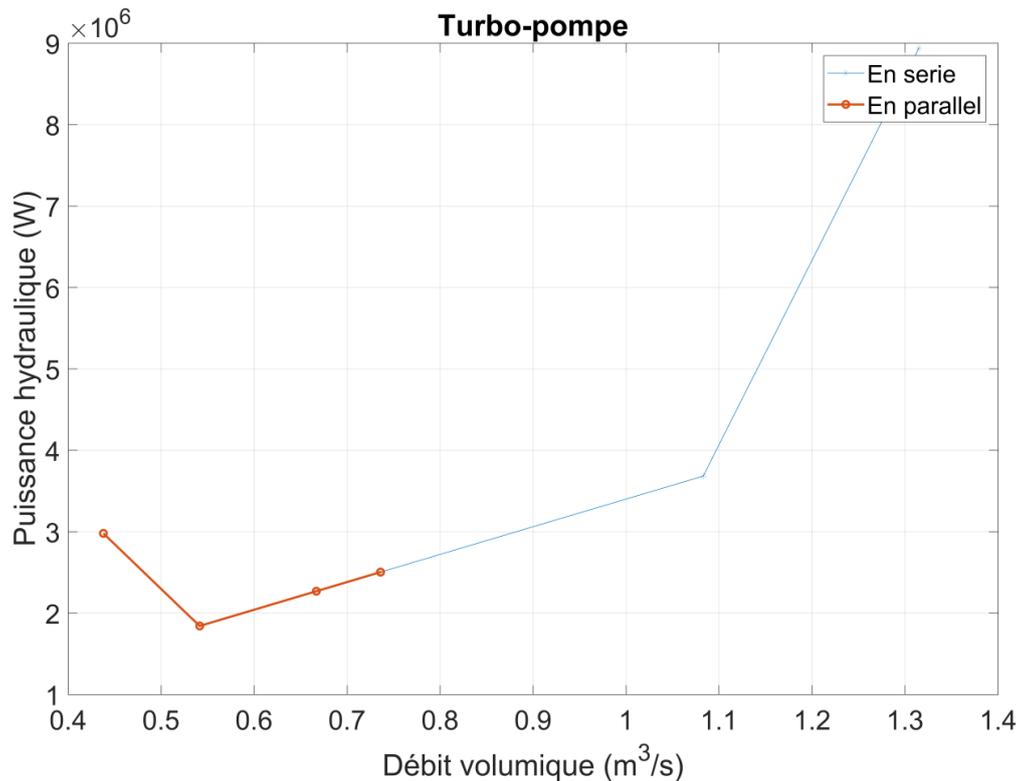


**Figure V.3. :** Variation de la puissance électrique de moteur électrique en fonction de débit volumique

La figure V.3 illustre la variation de la puissance électrique de moteur électrique en fonction de débit volumique pour une valeur donnée de rendement de moteur et des valeurs de puissance de l'arbre de pompe booster qu'on a déjà calculées. La valeur de la puissance électrique est reliée à la valeur de débit volumique.

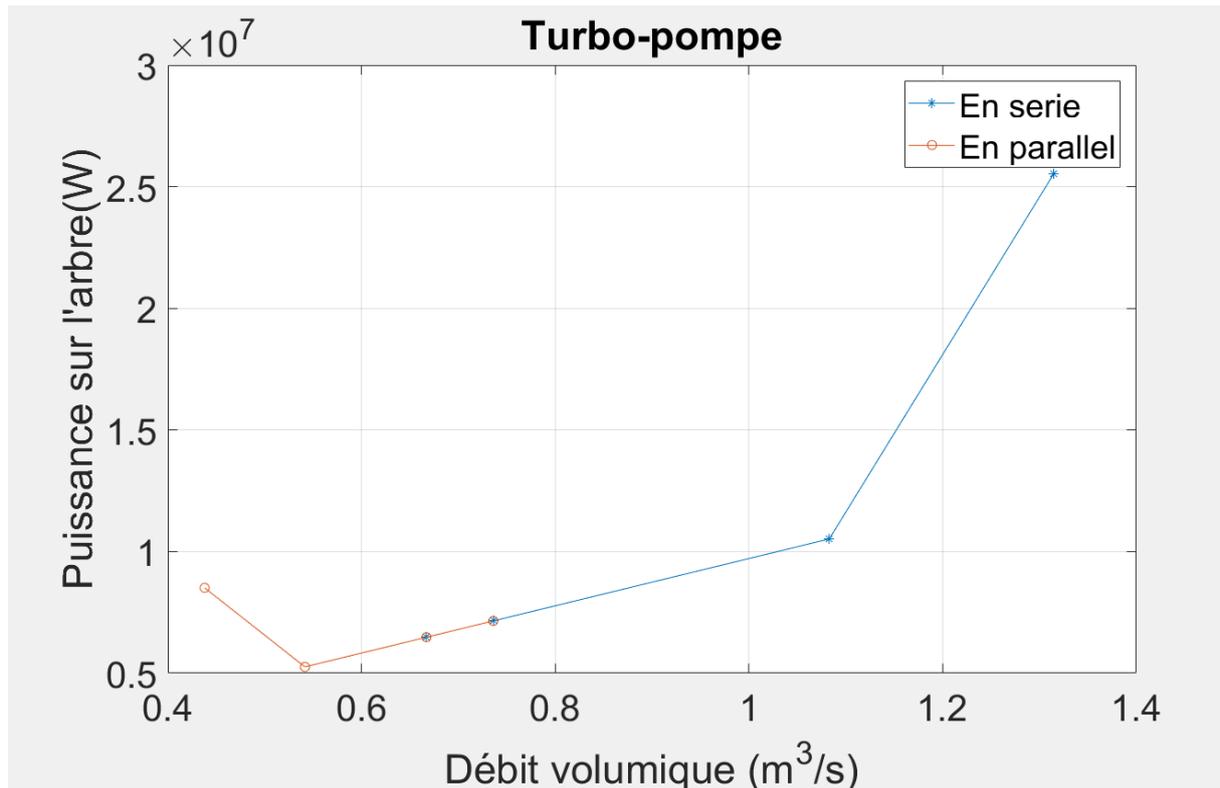
Comme on a vu dans les figures précédentes que l'augmentation de la puissance hydraulique de la pompe booster ainsi que sa puissance de l'arbre sont due à l'augmentation de débit volumique et par conséquent l'augmentation de la puissance électrique de moteur électrique.

## V.3.3. Turbopompes :



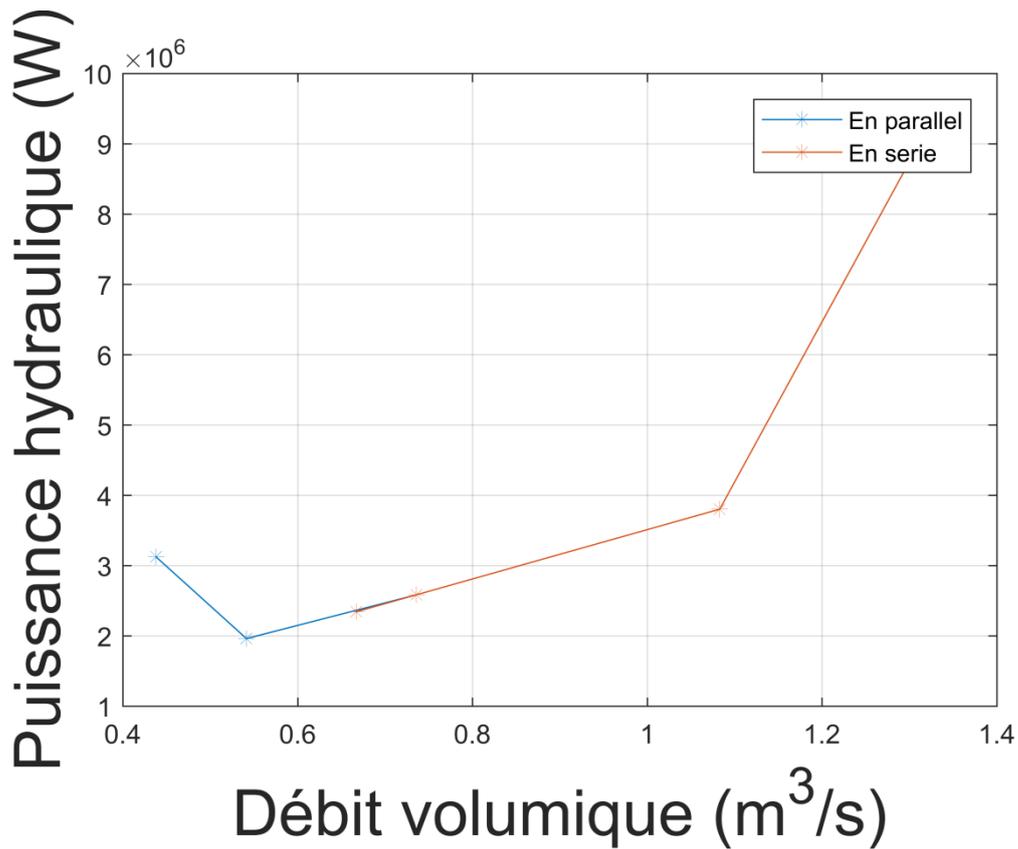
**FigureV.4 :** Variation de la puissance hydraulique des turbopompes en fonction de débit Volumique.

D'après la figure 1 on sait déjà que l'augmentation de débit volumique conduit à l'augmentation de puissance hydraulique pour une valeur donnée de différence de pression, mais on remarque dans la figure 4 que le couplage des pompes a une influence remarquable sur les valeurs de la puissance, l'emplacement parallèle des pompes veut dire la division de débit sur le nombre des pompes en fonctionnement et ça explique la chute de puissance dans le 2eme point ainsi que les faibles résultats de couplage en parallèle par rapport de celles en série, donc le couplage en série mieux que le couplage en parallèle.



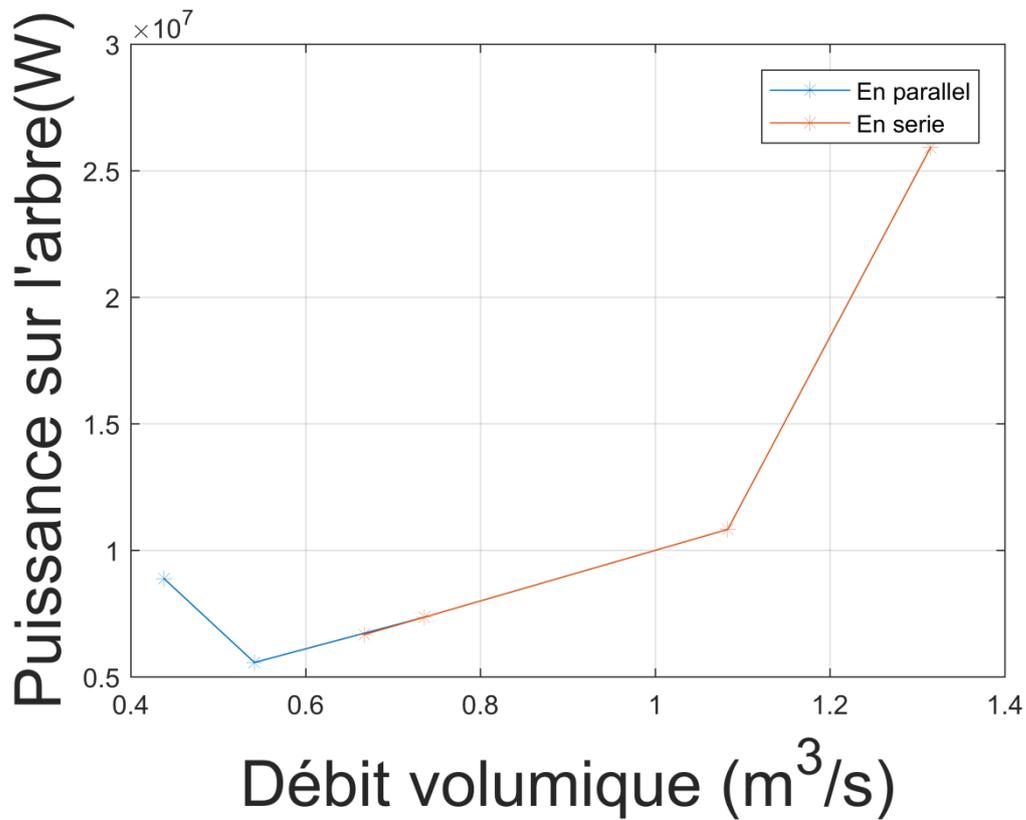
**Figure V.5 :** Variation de la puissance de l'arbre des turbopompes en fonction de débit Volumique.

La figure 5 représente la variations de la puissance de l'arbre des turbopompes en fonction de débit volumique avec une valeur donnée de rendement de turbopompes et des valeurs de puissance hydraulique qu'on a déjà calculer , l'augmentation de débit conduit a l'augmentation de la puissance hydraulique et on conséquent l'augmentation de la puissance de l'arbre , sans oublier l'influence de couplage des pompes sur la puissance hydraulique , donc toute diminution ou bien augmentation dans la puissance hydraulique ( à cause de débit ou bien de couplage des pompes ) cause la même variation pour la puissance de l'arbre .



**Figure V.6 :** Variation de la puissance hydraulique de la station de pompage en fonction de Débit volumique

La puissance hydraulique d'une station de pompage c'est la somme des puissances hydrauliques des pompes booste et les turbopompes ,donc l'augmentation ou bien la diminution des résultats des puissances des pompes conduit a la même variation dans la puissance hydraulique de la station de pompage .

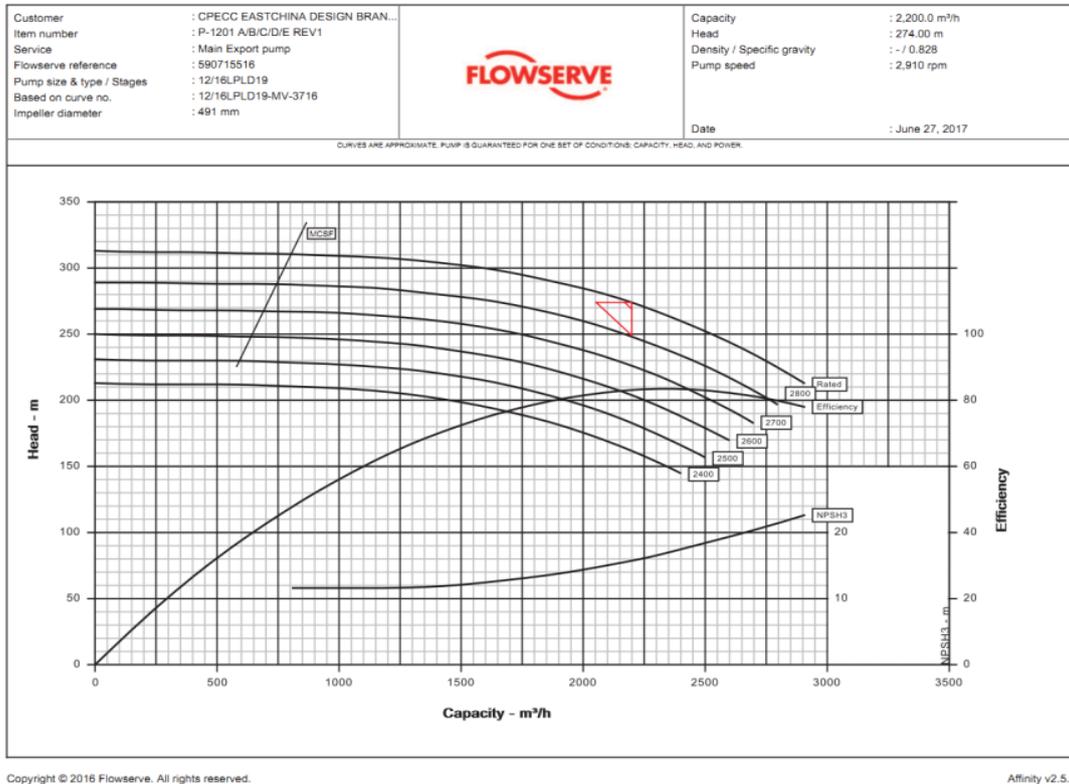


**Figure V.7 :** Variation de la puissance mécanique de la station de pompage en fonction de Débit Volumique

La performance d'une station de pompage est due aux performances de toutes les pompes de la station, c'est-à-dire la variation (diminution, augmentation) dans la performance des pompes c'est automatiquement une augmentation ou bien diminution dans la performance de la station.

**V.4. Formulation de problème d’optimisation :**

Les courbes caractéristiques de la pompe utilisée pour une autre station de canalisation de 24 pouces sont montrées dans la figure [Figure V.8]



**Figure V.8 :** les courbes caractéristiques d’une pompe d’une station de 24 pouces

**V.4.1. Le but de l’optimisation :**

Le but de l’optimisation est de chercher une vitesse de rotation avec cette pompe pour un rendement plus élevé dans un débit donné en respectant certains intervalles de différence de pression (entre  $\Delta P$  de la station de pompage de 34 pouces et 10 % à 25 % de plus).

Les débits et les  $\Delta P$  souhaités sont pris de tableau [Tableau : V.1].

Pour cela le problème d’optimisation est formulé comme suit :

**Max rendement  $\eta$  ( $Q_{\text{souhaité}}, N$ )**

Sachant que  $Q_{\text{nom}} \approx Q_{\text{souhaitée}}$

$$\Delta P_{\text{souhaitée}} \leq P \leq 10\% \text{ à } 25\% \text{ de } \Delta P_{\text{souhaitée}}$$

Avec  $1500 \text{ tr/min} \leq N \leq 7000 \text{ tr/min}$

Les lois de similitude sont utilisées afin de prédire ses caractéristiques en d'autres conditions de fonctionnement (débit, vitesse de rotation, hauteur).

Loi de similitude pour le débit  $Q_2 = Q_1 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)$

Loi de similitude pour la différence de pression  $\Delta P_2 = \Delta P_1 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$

Loi de similitude pour la puissance  $P_2 = P_1 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$

Le rendement sera calculé avec son équation  $\eta_2 = \frac{Q_2 \Delta P_2}{P_2}$

Les contraintes sont traitées avec la technique de pénalisation comme suit :

$$Fitness = f + \sum_i^m C_i \delta_i$$

$$\text{avec} \begin{cases} \delta_i = 1 & \text{contrainte n'est pas respectée} \\ \delta_i = 0 & \text{contrainte respectée} \end{cases}$$

#### V.4.2. Optimisation par essaim particulaire PSO :

Optimisation par essaim particulaire L'algorithme d'optimisation par essaim particulaire ou (particle swarm optimisation (psa)), a été développé par J.Kennedy et RC.Ebdraht en 1995

Cet algorithme est basé sur la simulation du comportement d'un essaim d'oiseaux ou de poissons; une particule ou un individu représente un oiseau qui est analogiquement un ensemble de variables (position) dans un problème d'optimisation. Lorsque l'individu se déplace d'une position à l'autre, il est affecté par trois facteurs principaux:

- L'attraction vers le chef de groupe
- L'attraction vers la meilleure position par laquelle il est passé
- Rester dans la même position actuelle.

Ceci est noté par:

$$V_{id}^{(t+1)} = w \times V_{id}^t + C_1 \times rand \times (pbest_{id}^{(t)} - x_{id}^{(t)}) + C_2 \times rand \times (gbest_{id}^{(t)} - x_{id}^{(t)})$$

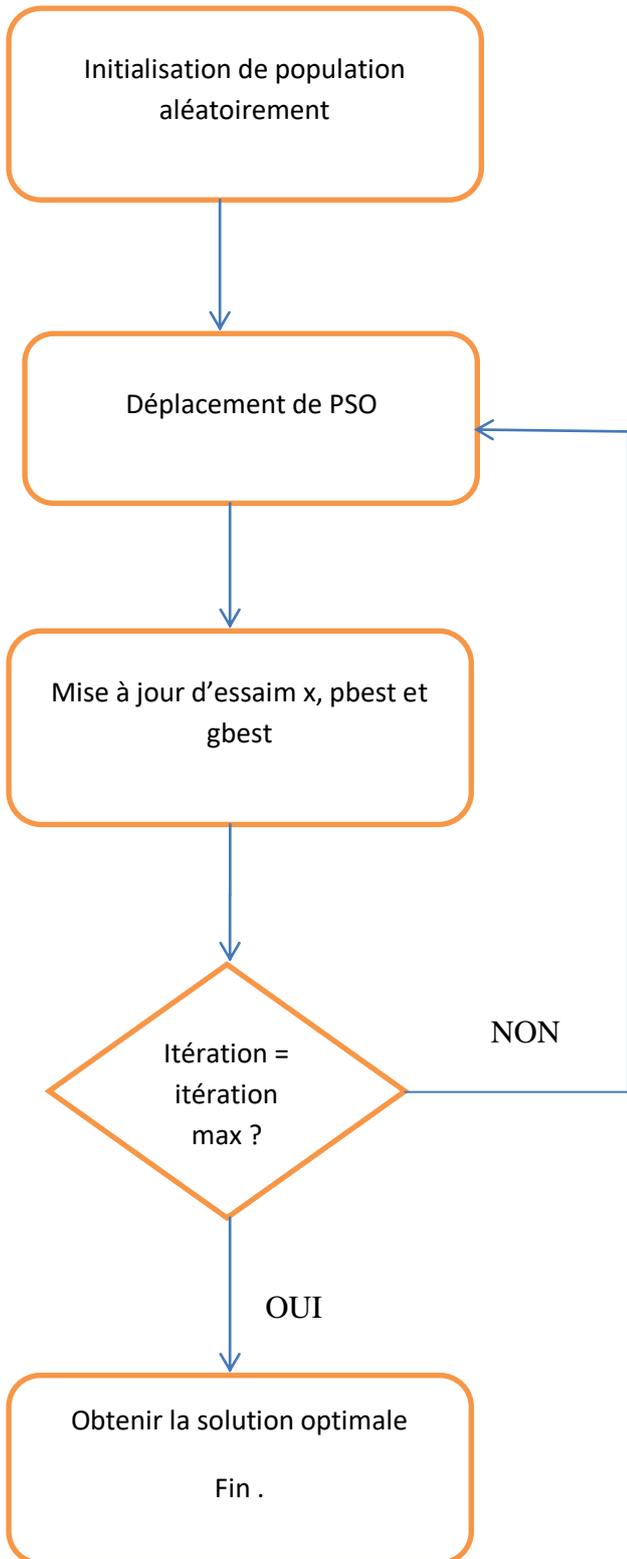
Sachant que le pbest est la meilleure position passée par l'individu, gbest, ou global best, est la meilleure position (individu) de toutes les positions dans toutes les générations, la vitesse des variables de décision est  $V_{id}^t$ ,  $C_1 = C_2 = 2.0$  sont des taux d'apprentissage cognitif et taux d'apprentissage social respectivement,  $w$  est le facteur de l'inertie, qui peut être fixé à 0.5, ou varie de 0.9 jusqu'à 0.4 pendant la phase d'itérations.

La méthode de décrémentation linéaire d'inertie d'optimisation par essaim particulaire (linearly decreasing weight particle swarm optimization (LDW-PSO) proposé par Y. Shi et R. Eberhart est alors :

$$w^{(t)} = w_{min} + \frac{t_{max} - t}{t_{max}} \times (w_{max} - w_{min})$$

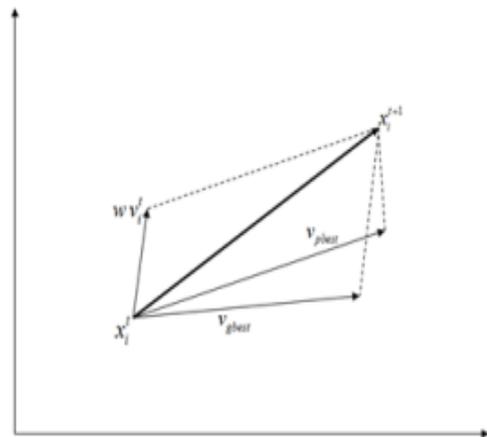
Où  $w_{min}$  et  $w_{max}$  sont les valeurs minimales et maximales du facteur d'inertie. [19]

V.4.2.1 Le fonctionnement d'un algorithme PSO :



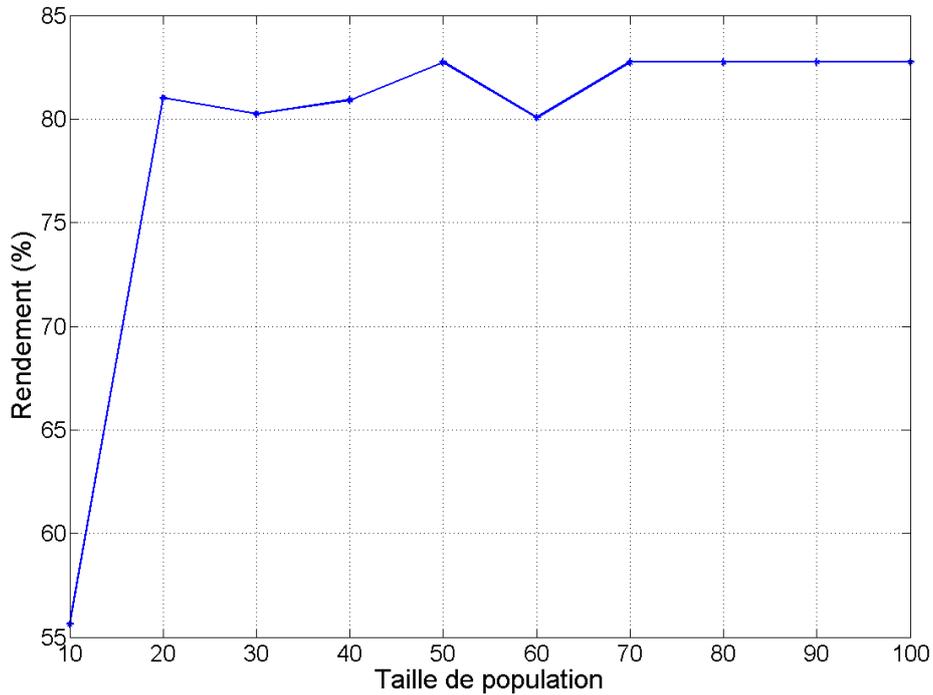
a. Algorithme de PSO

Figure V.9 : les figures a et b décrivent le fonctionnement d'un algorithme PSO standard.



b. Le déplacement de l'individu par PSO

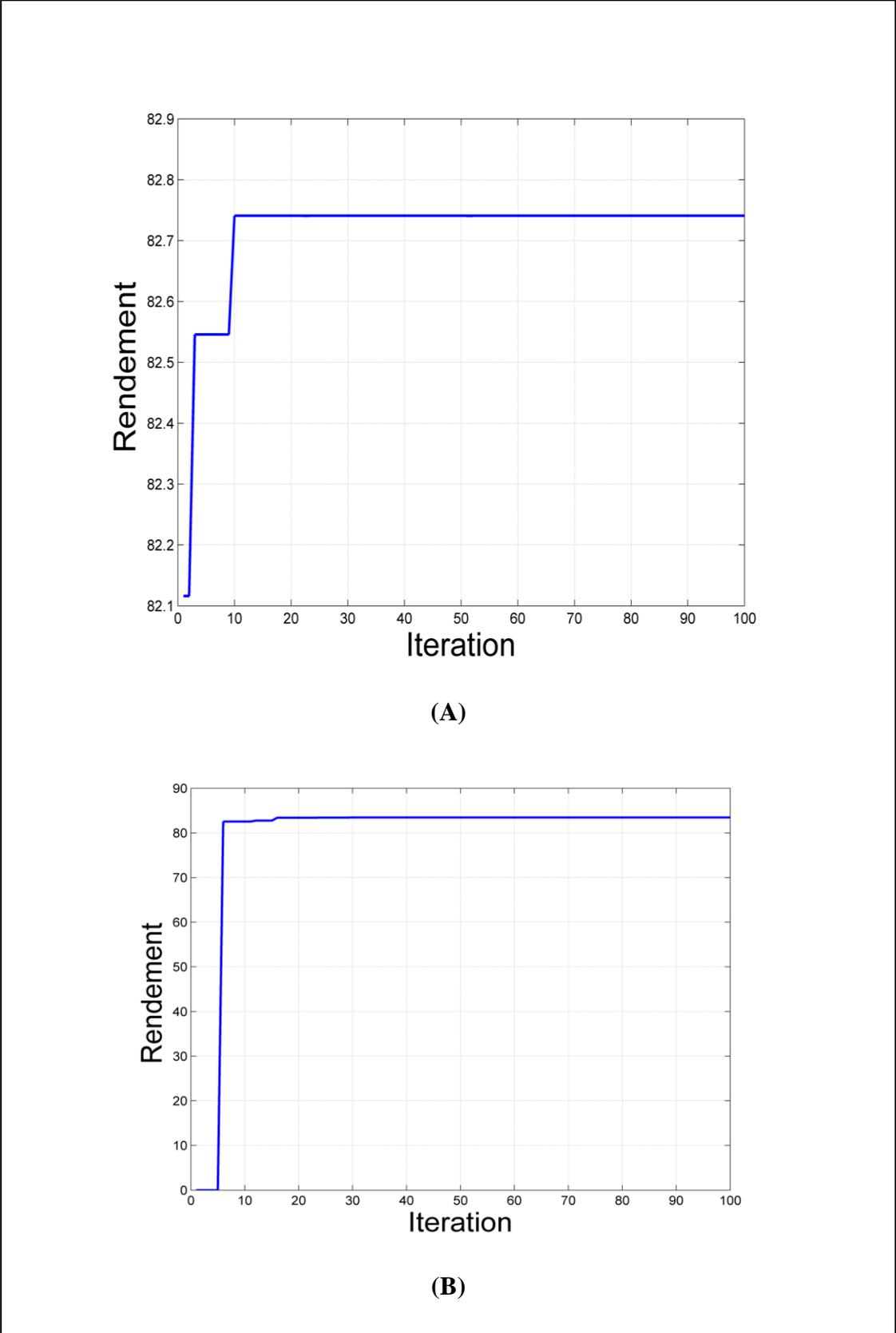
## V.5. Résultats et discussions :

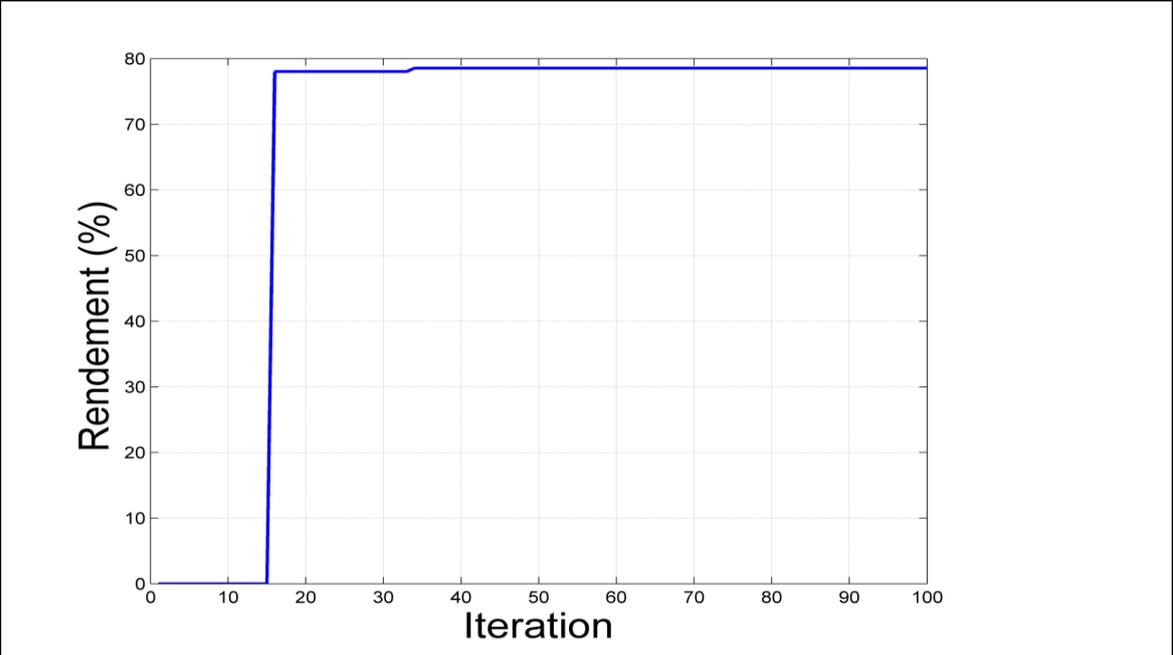


**Figure V.10 :** Évolution de la fonction objective en fonction de taille de population

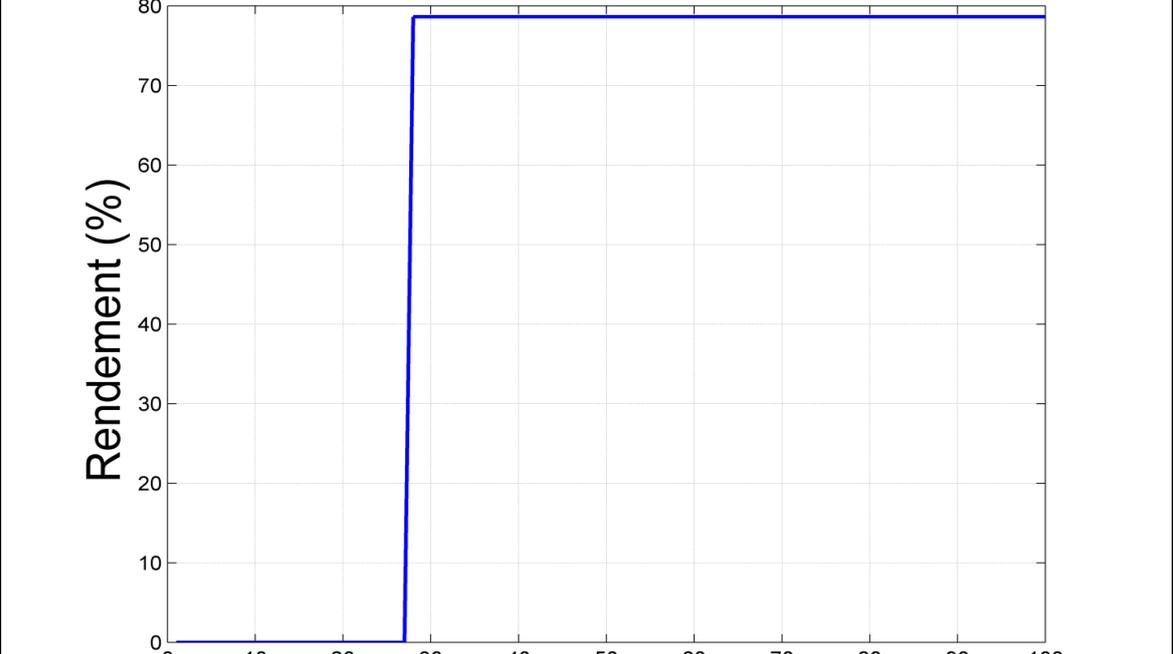
La [Figure V.10] montre l'évolution de la moyenne de rendement de 10 exécutions pour chaque taille de population, une instabilité des résultats d'optimisation est bien évidente avant 70 individus au-delà de ce seuil, la convergence vers la solution optimale est garantie, puisque l'algorithme est de type stochastique et pour garantir la convergence du calcul, une taille de 100 individus est choisie.

V.1. Evaluations de fitness en fonction d'itération :





(C)



(D)

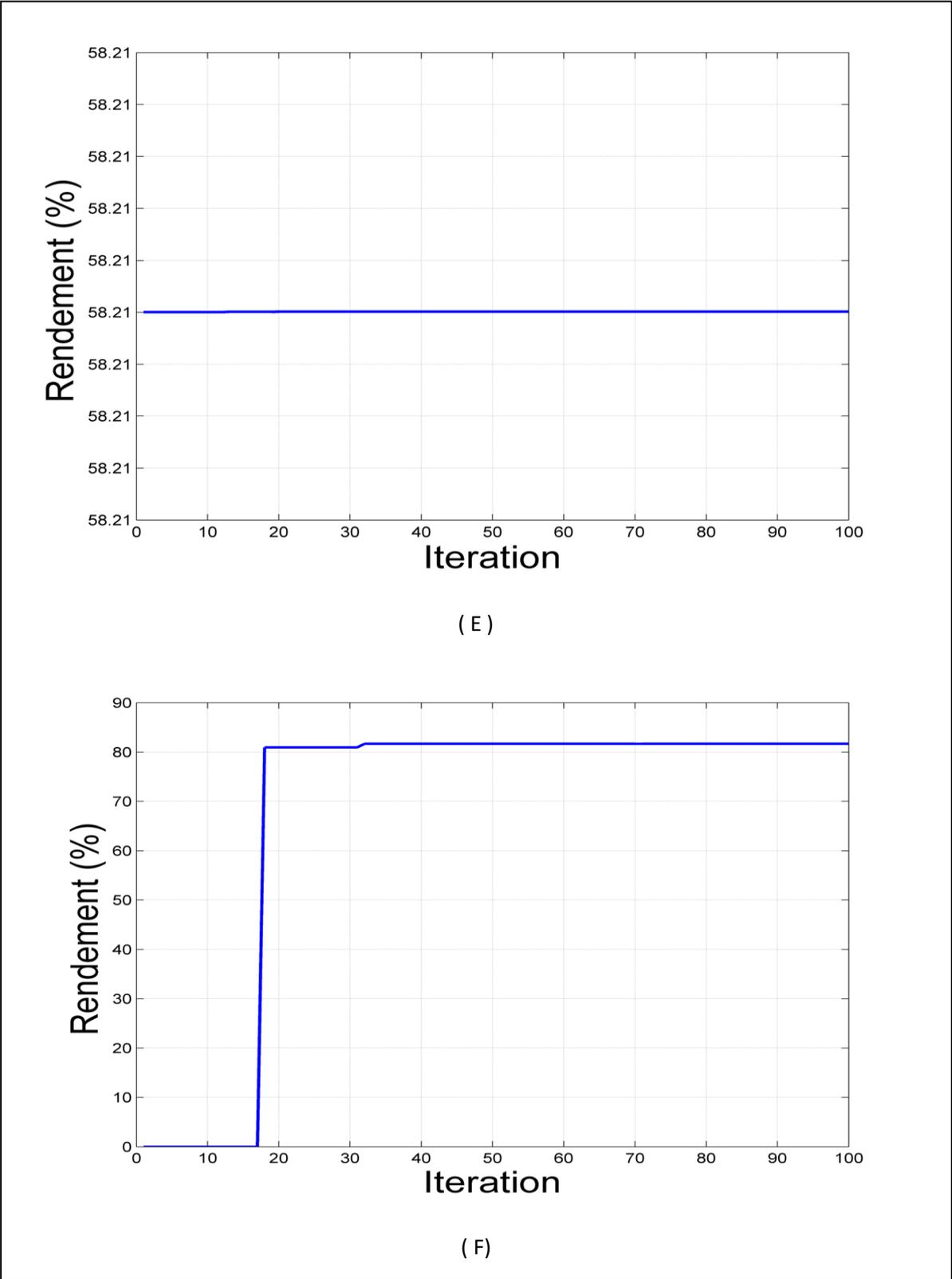


Figure V.11 : ( A , B ,C, D, E ) évaluations de fitness en fonction d'itération.

Les figures Figure V.11 : ( A , B ,C, D, E ) valident aussi le choix de taille de population, on remarque que la convergence des résultats ne dépasse pas les 50 1ere itérations même 10 itérations pour le cas de la figure [A].

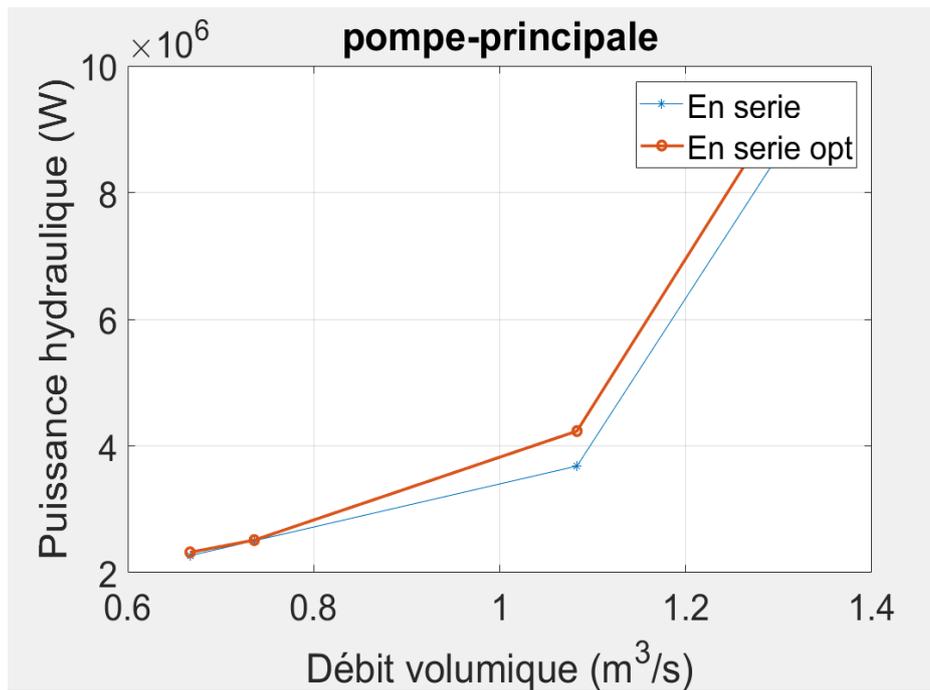
La figure [E] l'évolution de la fonction objective n'est pas perceptible. Dans ce cas le rendement est faible, cette diminution due à la contrainte de  $\Delta P$  qu'est relativement élevée (atteinte par vitesse de rotation élevée) avec un débit souhaité faible.

### V.5.2. Tableau des résultats :

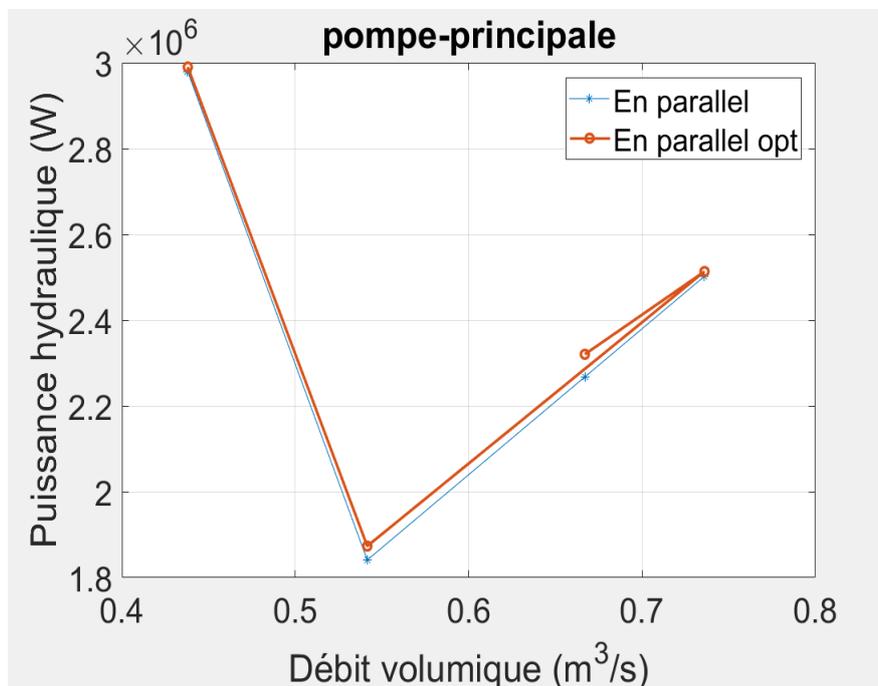
Nombre de machines en fonctionnement (N)	En série					En parallèle				
	Débit (Q) (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta P \times 10^5$ (pascal)	N tr/min	rendement	$\Delta P \times 10^5$ (pascal)	Débit (Q'') (m <sup>3</sup> /s) $Q'' = \frac{Q}{N}$	$\Delta P \times 10^5$ (pascal)	N tr/min	rendement	$\Delta P \times 10^5$ (pascal)
1	0,667	34	3286.57	82.7409	34.79	0,667	34	3286.57	82.7409	34.79
1	0,736	34	3329.13	83.47	34.15	0,736	34	3329.13	83.47	34.15
2	1,083	34	3947.70	78.63	39.10	0,5415	34	3188.70	78.55	34.6
3	1,315	68	5159.43	81.66	73.27	0,438	68	4369.12	58.210	68.26

Tableau V.1 : résultats des pompes optimales

## V.5.3. Comparaison entre les pompes de la SP 1 et la pompes optimale :



**Figure V.12 :** la Variation des puissances hydrauliques des pompes principale ( SP 1 et L'optimale) en fonction de débit Volumique (série)



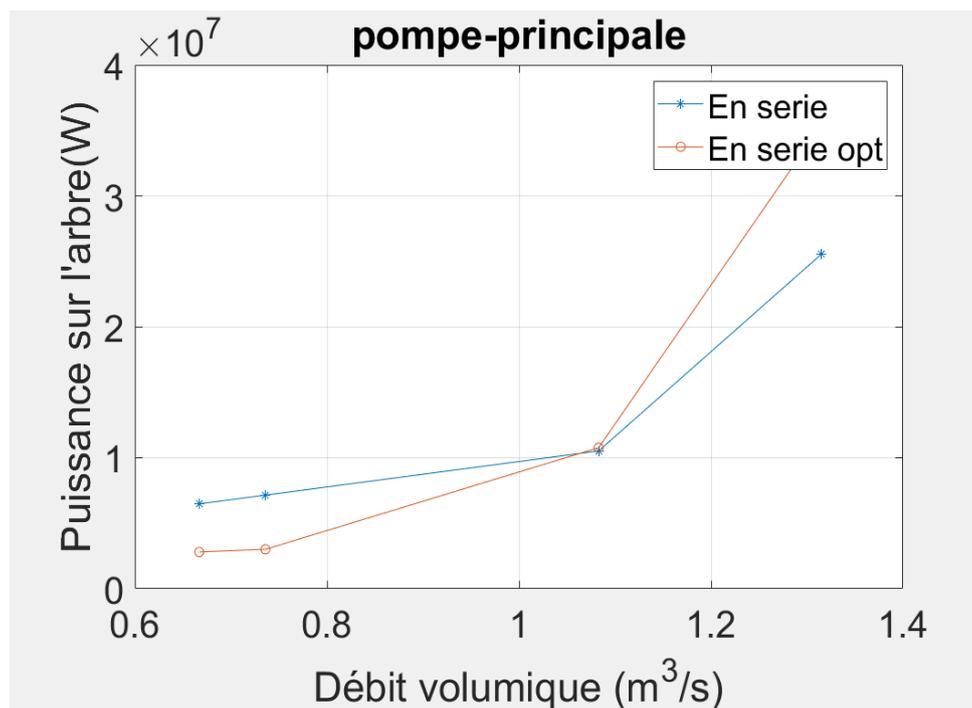
**Figure V.13 :** la variation des puissances hydrauliques des pompes principales ( SP1 et l'optimale) en fonction de débit volumique (parallèle)

Les figures 12 et 13 représentent la variation de la puissance hydraulique des pompes principales ( SP 1 et l'optimum) en fonction de débit volumique en cas de couplage en série (figure 12) et le couplage en parallèle (figure 13).

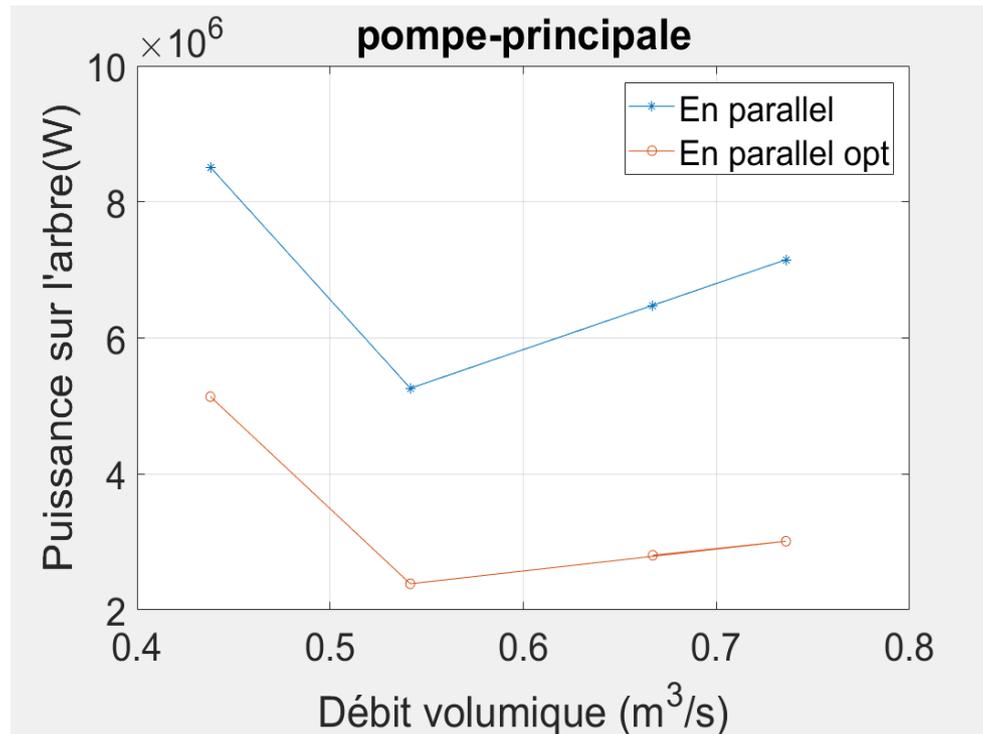
On voit que L'augmentation de débit volumique conduit à l'augmentation de la puissance hydraulique pour des valeurs donnée de la différence de pression.

Dans le cas de couplage en série, les résultats de la pompe optimale sont mieux que ceux de la pompe de la SP1 à cause de l'augmentation des valeurs de la différence de pression de la pompe optimale par rapport à l'ancienne.

Pour le couplage en parallèle on remarque que les résultats sont presque les même.



**Figure V.14 :** la Variation des puissances de l'arbre des pompes principales (l'ancienne et l'optimale) en fonction de débit volumique (série)



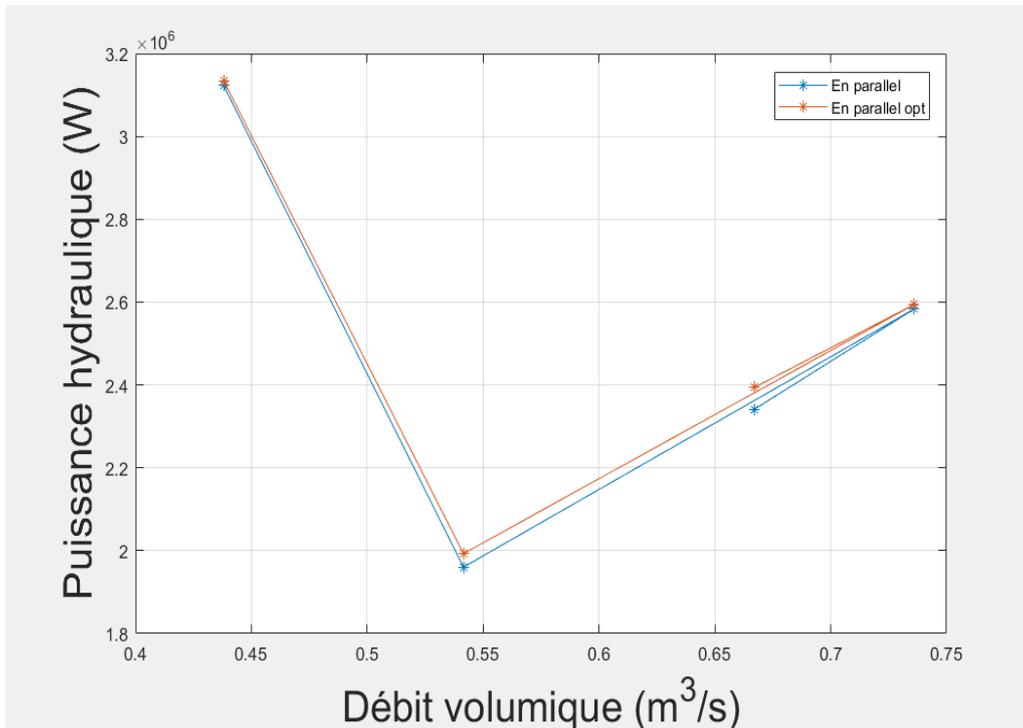
**Figure V.15 :** la Variation des puissances de l'arbre des pompes principales (SP 1 Et l'optimale) en fonction de débit volumique (parallèle)

Les figures 14 et 15 représentent la variation de la puissance de l'arbre des pompes principales ( SP et l'optimale) en fonction de débit volumique pour des valeurs données de rendement (rendement constant de la pompe de la SP1 et différents rendements de la pompe optimal) et des puissances hydrauliques, cas de couplage en série (figure14) et le couplage en parallèle (figure 15).

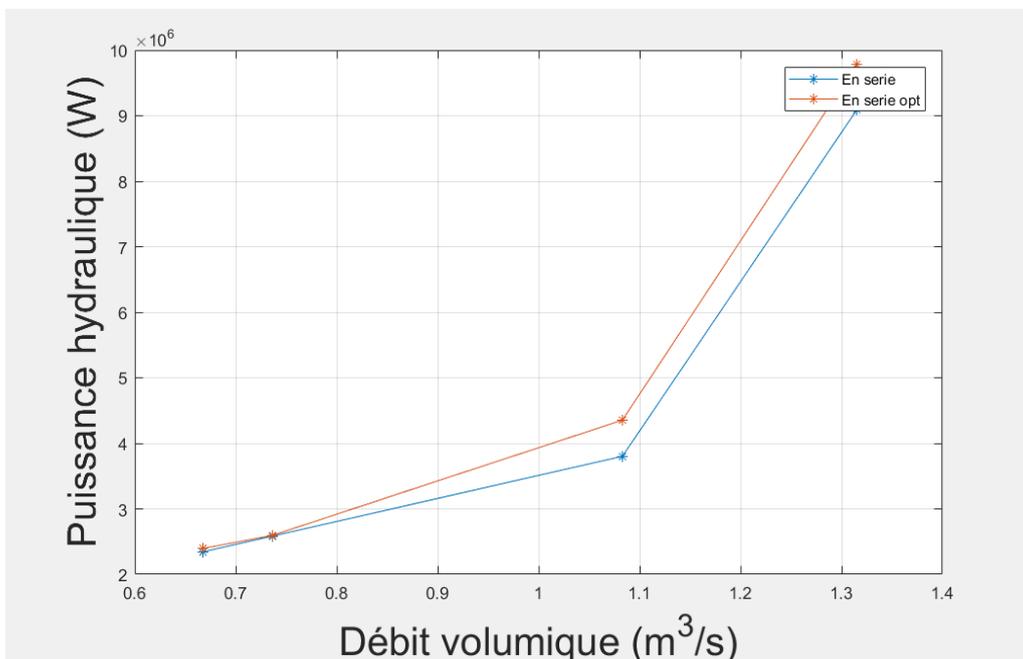
La variation de la puissance de l'arbre due à la variation des puissances hydrauliques (l'augmentation de la puissance hydraulique conduit à l'augmentation de la puissance d'arbre) d'un côté et d'un autre coté à cause des valeurs de rendement (augmentation de rendement la de la pompe optimale conduit à la diminution de sa puissance de l'arbre).

En cas de couplage en série on voit que les performances des deux pompes sont presque les mêmes.

Et pour le couplage en parallèle on remarque que les performances des anciennes pompes sont mieux de celles des pompes optimales à cause des valeurs de rendement, le rendement des anciennes pompes est très petit par rapport aux rendements des pompes optimales et ça explique pourquoi les performances des anciennes pompes sont meilleurs.



**Figure V.16 :** la Variation des puissances hydrauliques de la station de pompage (utilisant les pompes de la SP1 et les pompes optimales) en fonction de débit volumique (parallèle)



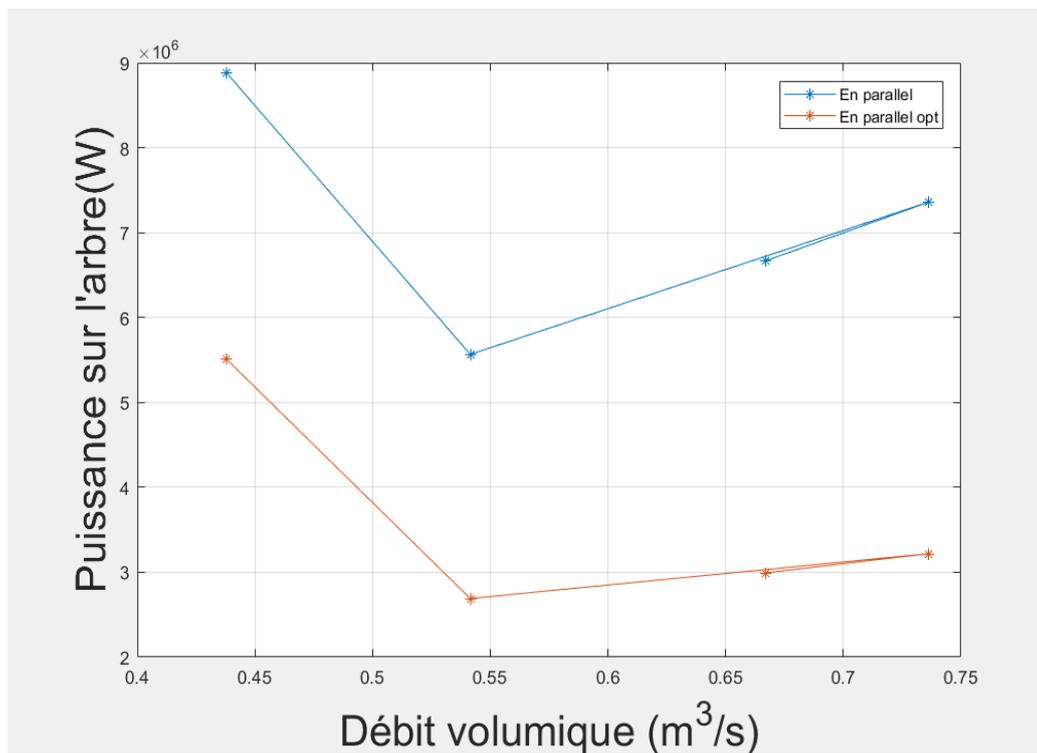
**Figure V.17 :** la Variation des puissances hydrauliques de la station de pompage (utilisant les pompes de la SP 1 et les pompes optimales) en fonction de débit volumique (série)

Les figures 16 et 17 représentent la variation de la puissance hydraulique dans la station de pompage dans deux cas, le premier utilisant les pompes de la SP 1 principales et le 2<sup>ème</sup> utilisant les pompes principales optimales, la figure 16 c'est pour le couplage parallèle des pompes principales et la figure 17 c'est pour le couplage en série.

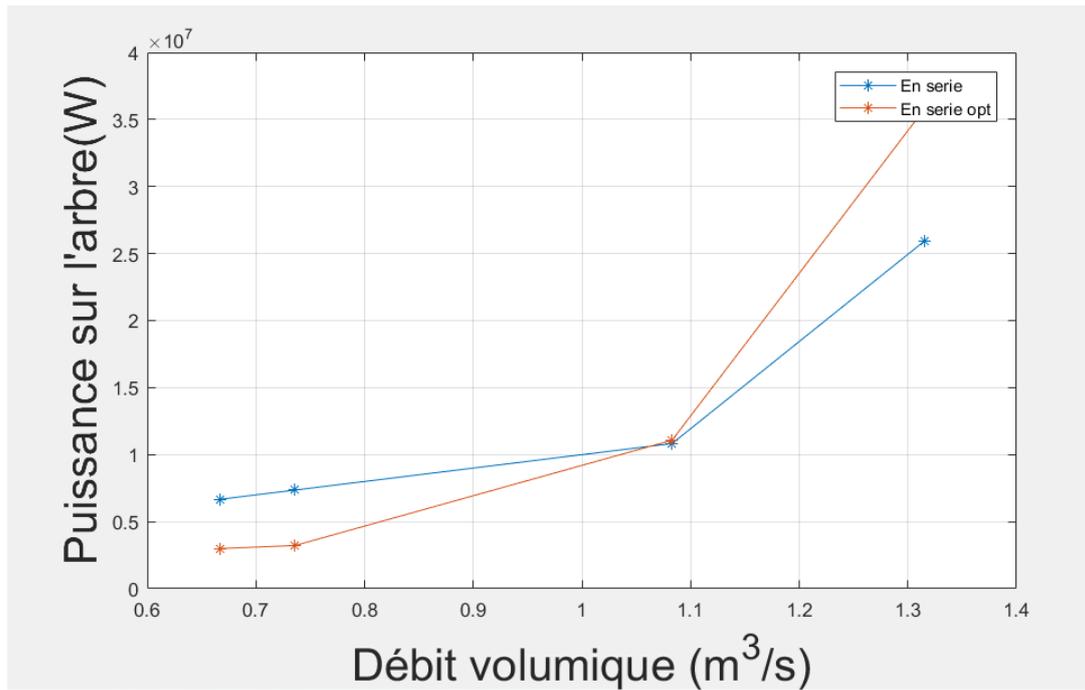
La puissance hydraulique d'une station de pompage c'est la somme des puissances hydrauliques des pompes boostes et les pompes principales, donc l'augmentation ou bien la diminution des résultats des puissances des pompes conduit à la même variation dans la puissance hydraulique de la station de pompage.

Dans le cas de couplage en parallèle on remarque que les résultats utilisant les anciennes pompes principales sont presque les mêmes utilisant les pompes optimales.

Dans le cas de couplage en série, on a déjà vu que les puissances hydrauliques des pompes optimales sont mieux de celles des anciennes pompes et ça explique pourquoi la puissance hydraulique de la station de pompage utilisant les pompes optimales est meilleure.



**Figure V.18 :** la Variation des puissances mécaniques de la station de pompage (utilisant les pompes de la SP et les pompes optimales) en fonction de débit volumique (parallèle)



**Figure V.19** la Variation des puissances mécaniques de la station de pompage (utilisant les pompes de la SP 1 dans un cas et les optimales pompes dans l'autre cas) en fonction de débit volumique (série)

Les figures 18 et 19 représentent la variation de la puissance mécanique dans la station de pompage dans deux cas, le premier en utilisant les pompes principales de la SP 1 et le 2eme en utilisant les pompes principales optimales, la figure 18c'est pour le couplage parallèle des pompes principales et la figure 19c'est pour le couplage en série.

La performance d'une station de pompage est due aux performances de toutes les pompes de la station, c'est-à-dire la variation (diminution, augmentation) dans la performance des pompes c'est automatiquement une augmentation ou bien diminution dans la performance de la station.

Dans le cas de couplage en série, les performances en utilisant les anciennes pompes principales ou les pompes optimales sont presque les mêmes.

Dans le cas de couplage parallèle, les performances de la station utilisant les anciennes pompes sont meilleures par rapport aux performances utilisant les pompes optimales, parce que les performances des pompes principales dans le couplage parallèle sont mieux de celles des anciennes pompes.

**V.6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, deux points principaux ont été étudiés : le premier consiste à faire une comparaison entre le montage en série et en parallèle, les résultats montrent que le 1<sup>er</sup> montage est le plus approprié. Le deuxième est consacré pour une approche de design en utilisant l'optimisation dont le but est trouver une vitesse de rotation optimale de pompe appartient d'une autre station. Les résultats montrent une satisfaisante des contraintes poses que ce soit pour le débit ou la puissance hydraulique.

# Conclusion générale

### **Conclusion générale :**

Notre projet de fin d'études nous a permis d'avoir un premier contact avec le monde du travail.

Nous avons essayé d'utiliser toutes les connaissances acquises pendant nos cinq années d'études.

Nous avons tenté de contribuer à un dimensionnement pour une configuration des pompes principales de la station de pompage SP1 du STC OK1 34'' (HAOUD EL HAMRA – SKIKDA) et aussi optimiser une pompe d'une autre ligne (HOUD EL HAMRA –BEJAIA) qui marche dans des conditions différentes pour qu'elle soit appropriée aux conditions de notre ligne de transport.

Pour mieux diriger notre recherche nous avons effectué une petite étude qui consiste en la comparaison d'un montage de pompe principale en série et un montage en parallèle les résultats obtenus nous en permis d'identifier que le 1<sup>er</sup> montage est plus performant que le second.

Les objectifs fixés au départ ont été globalement atteints, nous espérons que les résultats de ce travail seront d'un grand apport pour l'entreprise.

Cet apport réside dans la fiabilité des solutions données par l'approche préposée en utilisant d'une méthode d'optimisation PSO (particle swarm optimization).

En perspective, nous préconisons l'extension de notre présente étude dans le cadre du design optimal de raccordement entre les stations de pompage afin d'assurer un pompage de 24h/24h.

Enfin, notre travail demeure une base à laquelle peuvent s'ajouter à d'autres projets de recherche pour mieux maîtriser le transport par canalisation.

## **Bibliographie:**

- [1] Memoire de master, Optimisation du réseau nord de transport par Canalisation du pétrole brut et du condensat : Bouchebaba Yanis et Gaoua Yacine , 2008.
- [2] Recherche, pompes et stations de pompage :Mohammed Benaini ,2020.
- [3] B. Bariou et M. Kerfanto, Introduction au génie chimique Tome 1, DUNOD, 1971.
- [4] Memoire de master. Installation et mise en marche d'un banc d'essai pour la construction des courbes caractéristiques de deux pompes identiques fonctionnant en parallèle: ABBAS Celia, 2017.
- [7] Mémoire de master, Optimisation du pompage dans le transport par oléoduc: KANDI Mohamed Imad Eddine et LAHLOU Imene, 2017.
- [8] EMILIAN Koller, « Transport et stockage des fluides dans l'industrie ».Dunod, Paris, 2002.
- [9] Fiche technique projet SP1 ROK1 34''.
- [10] ABB/ Machines asynchrones MT/ Machines antidéflagrantes AMD 2 à 12 pôles jusqu'à 11 kV et 4 500 Kw.
- [11] Byron Jackson Pumps /Complete Line Poster
- [12] Manuel GENERAL ELECTRIC Power Generation/ Inspection & Maintenance Instruction/ Model Series 3002 Gaz Turbine
- [13] rapport de stage, système de contrôle commande d'une turbine a gaz réalisé par harouz arzki salim
- [14] Rapport d'intervention partie mécanique/ Turbo Pompe GE MS-3132.
- [15] Documents,SONATRACH/TRC,Turbine GE MS 3002.
- [16] Rapport sur le Model series 3002 gas turbine by GE power generation customer service division 1991
- [17] fiche technique bryon jackson pumps
- [18] Memoire de master, Etude experimental et numérique du transport de particules solides dans une conduite horizontale: Chekini Zakia et Mokrart Tassadit, 2014.
- [19] Cours optimisation FT UMBB M Ait chikh

### **Site web**

- [5] [www.sonatrach-dz.com](http://www.sonatrach-dz.com)
- [6] <http://www.wikipedia.org/>

### Résumé :

Le thème abordé repose essentiellement sur la contribution de dimensionnement pour la configuration des pompes principales de la station de pompage OK1 (Haoud-el-Hamra Skikda), et comparaison entre les types de couplage des pompes d'après les données et les calculs énergétiques des pompes.

Et vue que la TRC/SONATRACH pense toujours au meilleur, donc on a décidé de faire un lien entre les lignes de transport de la TRC/SONATRACH pour que chacune des stations dans les différentes lignes puisse pomper dans les autres lignes en cas de problèmes de panne ou autres.

Ce travail prendra beaucoup de temps, donc pour un début on a proposé un plan de travail dans le but d'optimiser une pompe d'une station de la ligne de Haoud-el-Hamra -Bejaia, pour qu'elle puisse travailler dans des conditions de travail de la ligne de Haoud-el-Hamra Skikda, utilisant l'Optimisation par essaim particulière (PSO).

### ملخص

يعتمد الموضوع الذي يتم تناوله بشكل أساسي على المساهمة في تصميم إعدادات المضخات الرئيسية لمحطة الضخ OK1 (حوض الحمراء- سكيكدة) ، والمقارنة بين أنواع ربط المضخات وفقاً للبيانات وحسابات الطاقة الخاصة بها.

ونظراً لأن شركة النقل عبر خطوط الأنابيب تفكر دائماً في تطوير أدائها ومهامها، قررنا إنشاء رابط بين خطوط النقل بحيث يمكن لكل محطة من المحطات في الخطوط المختلفة أن تضخ في الخطوط الأخرى في حالة حدوث مشكلة في واحدة من المحطات.

سيستغرق هذا العمل الكثير من الوقت، لذلك اقترحنا كبداية خطة عمل لتحسين مضخة من محطة ضخ من الخط حوض الحمراء- بجاية ، بحيث يمكن أن تعمل في ظروف العمل الخاصة بخط حوض الحمراء- سكيكدة ، باستخدام خوارزمية pso (تحسين سرب الجسيمات).