

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE *MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE***



**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
*Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique***

**Mémoire de Fin d'études Pour l'obtention du Diplôme
Master en Génie-Mécanique
Option : Énergétique**

Thème

***Dimensionnement d'un centre de stockage
et de distribution de carburants
NAFTAL***

Proposé et dirigé par :
MR: FERROUK Mohamed

Étudié par : REKIBI Mahdi
TARGANT Amine

ANNÉE : 2016/2017

Remerciements

Nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir donné la volonté, Le courage et la confiance en nous même, nous remercions également nos parents qui grâce à Eux nous sommes arrivées à ce stade.

Nous tenons à remercier la branche carburant NAFTAL Dar El-Beida division DRH et TDM ainsi notre promoteur pour les nombreuses heures qu'il nous a sacrifiées durant notre encadrement; ainsi que les membres de jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Nos remerciements à tout le corps enseignants qui a veillé sans relâche à nous transmettre leur savoir.

Enfin, on tient à remercier, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

***Rekibi mahdi
Targant amine***

2016/2017

DÉDICACES

Nos dédions ce modeste travail :

A nos très chers parents pour leur générosité et leurs sacrifices

A mes chers frères

A mes chères sœurs

A mes oncles et mes tantes

A toute ma famille

A mes collègues de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

A tous mes amis sans exception et mes collègues de la

Promotion (2016/2017)

*Enfin je dédie ce travail à toutes les personnes qui de près ou de loin
m'ont apporté leurs aides*

À TOUS, DU FOND DE NOS CŒURS NOUS VOUS DÉDIONS CE

TRAVAIL

REKIBI MAHDI

TARGANT AMINE

2016/2017

Sommaire

Remerciement	1
Dédicace	2
Sommaire	3
Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Nomenclature	9
Abréviation	10
Introduction générale.....	11
Chapitre I : Présentation de l'entreprise	
I-1. Présentation de l'entreprise NAFTAL.....	12
I-1.1.Présentation de la branche carburant.....	12
I.2.Description du centre de stockage et de distribution des hydrocarbures de T.O.....	13
I.2.1.Unité installation de stockage et de distribution	17
I.2.2.Poste de déchargement	19
I.2.3.Poste de chargement	20
I.2.4.Les installations de contrôle commandent	20
I.2.5.Installations annexes	21
I.2.6.Le système de lutte anti-incendie	22
I.2.7.Poste de chargement et déchargement	27
I.3.Mesures d'urgences	28
Chapitre II : Généralités sur la mécanique des fluides	
II.1.Généralités	29
II.1.1.Définition	29
II.1.2.Liquides et gaz	29
II.1.3.Forces de volume et forces de surface	29
II.1.4.Débit	29
II.1.5.Écoulements permanents ou stationnaires	30
II.2.Équation de conservation de la masse ou équation de continuité	31
II.1.1.Définition	31
II.2.2.Conservation du débit	31
II.2.3.Expression du débit en fonction de la vitesse (v)	32
II.2.4.Vitesse moyenne	32
II.3.Théorème de BERNOULLI	33
II.3.1.Le phénomène.....	33
II.3.2.Théorème de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible	33
II.3.3.Cas d'un écoulement (1) et (2) sans échange de travail	34
II.3.4.Cas d'un écoulement (1) et (2) avec échange d'énergie	35
II.4 .Application du Théorème de Bernoulli	35
II.4.1.Tube de Pitot	35
II.4.2.Phénomène de venturi	36
II.4.3.Écoulement d'un liquide contenu dans un réservoir	37
II.5.Dynamiques des fluides visqueux	37

II.5.1. Profil des vitesses	37
II.5.2. Viscosité dynamique (μ)	38
II.5.3. Viscosité cinématique (ν)	39
II.5.4. Ordre de grandeur ; influence de la température	39
II.6. Pertes de charge	40
II.6.1. Le phénomène	40
II.6.2. Les différents régimes d'écoulement : nombre de Reynolds	40
II.6.3. Théorème de Bernoulli appliqué à un fluide réel avec pertes de charge	41
II.6.4. Expression des pertes de charges	41
II.6.4.1. Influence des différentes grandeurs	41
II.6.5. Pertes de charge linéaires	42
II.6.6. Perte de charge singulière	44

Chapitre III : Étude hydraulique du circuit gasoil

III.1.1- Introduction	46
Première partie : Circuit chargement	47
III.1.2- Description du circuit d'aspiration	48
III.1.3- Description du circuit refoulement	50
III.1.4- Données de calcul	51
III.1.5- Pertes de charge linéaire	51
III.1.6- Perte de charge singulière	52
III.1.7- Résultats	54
III.1.8- Tableau récapitulatif	63
III.1.9- Calcul de la pression d'admission	64
III.1.10- Calcul de la pression de refoulement	65
III.1.11- Choix des pompes	67
Deuxième partie : Circuit déchargement	71
III.2.1- Description du circuit d'aspiration	73
III.2.2- Description du circuit refoulement	74
III.2.3- Données de calcul	75
III.2.4- Pertes de charge linéaire	75
III.2.5- Perte de charge singulière	76
III.2.6- Résultats	76
III.2.7- Tableau récapitulatif	80
III.2.8- Calcul de la pression d'admission pour le gasoil	80
III.2.9- Calcul de la pression de refoulement pour gasoil	81
III.2.10- Choix des pompes	82

Chapitre IV : Étude hydraulique du circuit essence

IV.1.1- Dimensionnement du réseau essence	86
Première partie : Circuit chargement	87
IV.1.2- Description au circuit d'aspirations	88
IV.1.3- Description au circuit refoulement	90
IV.1.4- Données de calcul	90
IV.1.5- Perte de charge linéaire	91
IV.1.6- Perte de charge singulière	92
IV.1.7- Résultats	93
IV.1.8- Tableau récapitulatif	98
IV.1.9- Calcul de la pression d'admission	99

IV.1.10- Calcul de la pression de refoulement	101
IV.1.11- Choix des pompes	103
Deuxième partie : Circuit déchargement.....	108
IV.2.1- Description au circuit d'aspirations	110
IV.2.2- Description au circuit refoulement.....	111
IV.2.3- Données de calcul	112
IV.2.4- Perte de charge linéaire	112
IV.2.5- Perte de charge singulière.....	113
IV.2.6- Résultats	114
IV.2.7- Tableau récapitulatif	118
IV.2.8- Calcul de la pression d'admission.....	118
IV.2.9- Calcul de la pression de refoulement pour l'essence.....	119
IV.2.10- Choix des pompes	120
IV.3- Étude technicoéconomique.....	124
Conclusion générale.....	127
Bibliographie	128
Annexe A.....	129
Annexe B.....	130

Liste des figures

Figure I.1 : Organigramme de l'entreprise NAFTAL.....	14
Figure I.2 : Image satellite de centre de stockage d'oued-Aissi	15
Figure I.3 : Plan de masse du centre de stockage d'oued-Assi.....	16
Figure I.4 : Bac à toit flottant.....	18
Figure II.1: Diagramme de Moody.....	44
Figure II.2 : Relation pour des différent cas de coefficients de perte de charge.....	45
Figure III.1 : Circuit aspiration pour le cas du chargement gasoil.....	44
Figure III.2 : Circuit refoulement pour le cas du chargement gasoil.....	49
Figure III.3 : Représente un schéma explicatif pour l'application de théorème de Bernoulli	64
Figure III.4 : Représente perte de charge en fonction de débit.....	65
Figure III.5 : Représente un schéma explicatif pour l'application de théorème de Bernoulli.....	66
Figure III.6 : Représente perte de charge en fonction de débit.....	67
Figure III.7 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit gasoil en fonction de débit	68
Figure III.8 : Courbe caractéristique des rendements.....	68
Figure III.9 : Caractéristique équivalentes des pompes placées en parallèle et celle de circuit	70
Figure III.10 : Circuit aspiration pour le cas déchargement gasoil wagon vers les pompes...	72
Figure III.11 : Circuit refoulement pour le cas déchargement gasoil à partir des pompes vers les réservoirs.....	73
Figure III.12 : Représente perte de charge en fonction de débit.....	81
Figure III.13 : Représente perte de charge en fonction de débit.....	82
Figure III.14 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit gasoil en fonction de débit...	83
Figure III.15 : Courbe caractéristique des rendements.....	84
Figure III.16 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit gasoil en fonction de débit.	85
Figure IV.1 : Circuit aspiration pour le cas du chargement essences.....	88
Figure IV.2 : Circuit refoulement pour le cas du chargement essences.....	89
Figure IV.3 : Représentation schématique du circuit aspiration.....	99
Figure IV.4 : Représente perte de charge en fonction de débit.....	101
Figure IV.5 : Représentation schématique du circuit de refoulement.....	101
Figure IV.6 : Représente la perte de charge en fonction de débit.....	103
Figure IV.7 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit essences en fonction de débit	104
Figure IV.8 : Courbe caractéristique des rendements.....	105
Figure IV.9 : Caractéristique équivalent des pompes placées en parallèle et celle de circuit	106
Figure IV.10 : Circuit aspiration pour le cas de déchargement essences wagon vers les pompes.....	109
Figure IV.11 : Circuit refoulement pour le cas de déchargement essences à partir des pompes vers les réservoirs.....	110
Figure IV.12 : La perte de charge pour circuit aspiration en fonction de débit.....	119
Figure IV.13 : Représente perte de charge en fonction de débit.....	120
Figure IV.14 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit gasoil en fonction de débit...	121
Figure IV.15 : Courbe caractéristique des rendements	122
Figure VI.16 : Caractéristique équivalentes des pompes placées en parallèle et celle de circuit.....	124

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Dimensions des tronçons droits du circuit aspiration pour le chargement gasoil	49
Tableau III.2 : Dimensions des tronçons droits du circuit refoulement pour le chargement gasoil.....	50
Tableau III.3 : Représente les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody	51
Tableau III.4 : Perte de charge aspiration (150 m ³ /h).....	54
Tableau III.5 : Perte de charge aspiration (300 m ³ /h).....	55
Tableau III.6 : Perte de charge aspiration (450 m ³ /h).....	56
Tableau III.7 : Perte de charge aspiration (600 m ³ /h).....	57
Tableau III.8 : Perte de charge refoulement (150 m ³ /h).....	59
Tableau III.9 : Perte de charge refoulement (300 m ³ /h).....	60
Tableau III.10 : Perte de charge refoulement (450 m ³ /h).....	61
Tableau III.11 : Perte de charge refoulement (600 m ³ /h).....	62
Tableau III.12 : Récapitulatif de perte de charge pour différents débit	63
Tableau III.13 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différent débit	65
Tableau III.14 : Récapitulatif de perte de charge en fonction de débit	66
Tableau III.15 : Représente courbe caractéristique des pompes pour différents diamètres et perte de charge en fonction de débits.....	67
Tableau III.16 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit.....	69
Tableau III.17 : Dimensions des tronçons droits du circuit aspiration pour le déchargement gasoil qui représente dans la (figure III.10).....	74
Tableau III.18 : Dimensions des tronçons droits du circuit refoulement pour le déchargement gasoil.....	74
Tableau III.19 : Représente les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody.....	75
Tableau III.20 : Perte de charge aspiration (150 m ³ /h).....	76
Tableau III.21 : Perte de charge aspiration (600 m ³ /h).....	77
Tableau III.22 : Perte de charge refoulement (150 m ³ /h).....	77
Tableau III.23 : Perte de charge refoulement (300 m ³ /h).....	78
Tableau III.24 : Perte de charge refoulement (450 m ³ /h).....	79
Tableau III.25 : Récapitulatif de perte de charge pour différents débit	80
Tableau III.26 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différent débit.....	80
Tableau III.27 : Récapitulatif de perte de charge en fonction de débit	81
Tableau III.28 : Représente courbe caractéristique des pompes pour différents diamètres et perte de charge en fonction de débits.....	83
Tableau III.29 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit.....	84
Tableau IV.1 : Dimensionnement des tronçons droits de circuit aspiration pour le chargement	89
Tableau IV.2 : Dimensionnement des tronçons droits du circuit refoulement pour le chargement essences	90
Tableau IV.3 : Représente Les coefficients de perte de charge linéaire des différents tronçons droits donnés	91
Tableau IV.4 : Perte de charge aspiration (150m ³ /h).....	93
Tableau IV.5 : Perte de charge aspiration (600m ³ /h).....	94
Tableau IV.6 : Perte de charge refoulement (150 m ³ /h).....	95

Tableau IV.7 : Perte de charge refoulement (300 m ³ /h).....	96
Tableau IV.8 : Perte de charge refoulement (450 m ³ /h)	97
Tableau IV.9 : Récapitulatif de perte de charge pour différents débit	98
Tableau IV.10 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différents débit.....	100
Tableau IV.11 : Récapitulatif de pertes de charge en fonction de débit.....	102
Tableau IV.12 : Représente courbe caractéristique de la pompe et perte de charge pour les différents diamètres de la roue en fonction de débit.....	104
Tableau IV.13 : tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit.....	105
Tableau IV.14 : Dimensionnement des tronçons droits de circuit aspiration pour le chargement	111
Tableau IV.15 : Dimensionnement des tronçons droit du circuit refoulement.....	111
Tableau IV.16 : représente les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody.....	112
Tableau IV.17 : Calcul de perte charge pour (150 m ³ /h)	114
Tableau IV.18 : Perte de charge aspiration (450 m ³ /h).....	114
Tableau IV.19 : Perte de charge refoulement (150 m ³ /h).....	115
Tableau IV.20 : Perte de charge refoulement (300 m ³ /h).....	116
Tableau IV.21 : Perte de charge refoulement (450 m ³ /h).....	117
Tableau IV.22 : Récapitulatif pertes de charge pour les différents débits.....	118
Tableau IV.23 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différents débits.....	118
Tableau IV.24 : Tableau récapitulatif des pertes de charge.....	119
Tableau IV.25 : Représente courbe caractéristique de la pompe et perte de charge en fonction de débit pour les différents diamètres de la roue.....	121
Tableau IV.26 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit.....	123

NOMENCLATURE

g : Constante gravitationnelle.

G : vitesse massique.

h : hauteur

K : Coefficient de perte de charge singulière.

L : Longueur de la conduite.

m : Masse de fluide.

N : La vitesse de rotation.

P_{asp} : La pression d'aspiration.

P_f : Pression du fluide.

P_{TOT} : pression total.

Q_m : Débit massique du fluide.

Q_v : Le débit volumique.

Re : Nombre de Reynolds.

S : section de pipe.

T : Température.

V : Vitesse du fluide.

v : Volume spécifique du fluide.

Z : Élévation du fluide.

ΔH : Les pertes de charge.

ΔHL : Pertes de charge linéaire.

ΔHS : Pertes de charge singulières.

ΔHT : Pertes de charge totale.

ε : La rugosité de pipe.

λ : Coefficient de perte de charge linéaire.

μ : Viscosité dynamique du fluide.

ν : Viscosité cinématique du fluide.

ρ : La masse volumique du fluide.

ABREVIATIONS

AVM	Division aviation marine
BC	Branche carburant
CSD	Centre de stockage et de distribution
CDS	Situation du centre carburant
DE	Direction exécutive
DC	Direction central
DS	Direction soutien
EN	Essences normal
ES	Essences super
FCV	Vanne de régulation de débit
GO	Gasoil
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
GIS	Gestion d'infrastructure de stockage
HV	Vanne manuelle
MDP	Mouvement de produit
MOV	Vanne motorisée
mcf	Mètres de colonne de fluide
SI	Système international

Introduction Générale

Actuellement l'Algérie se trouve en force de grands changements dans l'économie nationale. Le développement de différentes industries (lourde, légère, de l'énergie, de la chimie et de la pétrochimie, etc.).

Parmi les machines ayant un rôle primordial dans les domaines d'activité industrielle, on peut citer par exemple les pompes.

À l'heure actuelle, les centres de stockages présentent un grand intérêt et constituent une partie fondamentale pour l'acheminement des carburants entre les clientèles et les centres de stockage.

Pour notre étude, le centres de stockage et de distribution concerné est situés au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou (Oued-Aissi), Les principaux produits commercialisés sont: les essences et le Gasoil.

L'objectif de la présente étude est consacré au dimensionnement et le bon choix des pompes en calculant les pertes de charges.

Il nous a été demandé de constituer une documentation technique détaillée relative au dimensionnement du réseau formé des bacs de stockage, des stations de pompage, des quais de déchargement et du poste de chargement, le tout connecté par des circuits formés par des différents types de pipes.

Pour se faire le mémoire est structuré comme suit :

- le chapitre un donne une description de l'entreprise NAFTAL ainsi que ses différentes missions.
- le chapitre deux, traite des rappels de mécanique des fluides nécessaires à la compréhension de la présente étude.
- l'étude hydraulique proprement dite du (CDS) de Oued-Aissi a été présenté en détail dans deux chapitres distincts (3 et 4) respectivement pour des carburants gasoils et essences.
- Une étude technicoéconomique est introduite à la fin du mémoire.

On termine par une conclusion générale et des annexes sont données où nous présentons les documents fournis par le constructeur des vannes et des pompes choisies.

Chapitre I

I.1- Présentation de l'entreprise NAFTAL

L'entreprise NAFTAL est une importante compagnie d'hydrocarbure en Algérie, Elle a un poids très important sur l'économie du pays, son rôle consiste à assurer le transport la commercialisation et la distribution des hydrocarbures (tels carburant, GPL, lubrifiant, bitumes, pneumatique, et des produits spéciaux etc....) vers le national et l'international, via 3 moyens de transport terrestre maritime, et aérienne NAFTAL composée de trois branches carburant : (voir organigramme de la figure I.1)

- Branche carburant
- Branche GPL
- Branche commercialisation

NAFTAL intervient dans les domaines suivants

- Enfûtage GPL
- Formulation de bitumes
- Distribution. Stockage et commercialisation des carburants du GPL lubrifiants. et des Bitumes.
- Pneumatique GPL/c. produits spéciaux.
- Transport des produits pétrolier

I.1.1- Présentation de la branche carburant :

La branche carburante est structurée en deux divisions aviation marine (AVM) et la division gestion des infrastructures de stockage (GIS).les principales missions de ces deux directions sont :

- **Division Aviation et Marine BC/AVM**

La division aviation et marine assure la satisfaction des besoins en produits Aviation et Marine, de la clientèle nationale et internationale (compagnies Étrangères) elle a pour mission de :

- ✓ Superviser, coordonner et contrôler les activités d'approvisionnement, de stockage, ravitaillement et transporte des produits Aviation et marine, sur les aéroports et ports ou la BC/AVM dispose d'installations.

- ✓ Assurer la préservation de la conformité du produit jusqu'à la livraison de celui-ci et ce, conformément aux exigences du client.
- ✓ Assurer la maintenance des installations et les moyens de distribution
- ✓ Assurer une qualité de service répondant aux attentes de la clientèle et veiller de l'image de marque de l'entreprise.
- **Division gestion des infrastructures de stockage BC/GIS :**

Elle a pour mission de :

- ✓ Superviser, coordonner et contrôler les activités approvisionnement, stockage, ravitaillement et livraison des carburants terre au niveau des dépôts et secondaires.
- ✓ Assurer la préservation de la conformité du produit de son approvisionnement jusqu'à sa livraison ou son ravitaillement, conformément aux exigences de la branche commercialisation.
- ✓ Assurer la maintenance des installations de stockage et des moyens de distribution.
- ✓ Assurer une qualité de service répondant aux attentes de la branche commercialisation et veiller au maintien de l'image de marque de l'entreprise.
- **Produit commercialisé par la branche :**
- ✓ Le carburéacteur jet-A1 (kérosène), destiné aux avions turboréacteurs.
- ✓ L'essence Avgas-100 LL, consommé par les moteurs d'avions à pistons (à hélices).
- ✓ Les lubrifiantes aviations.

I.2- Description du centre de stockage et de distribution des hydrocarbures de Tizi-Ouzou :

Le centre de stockage et de distribution de carburants(CSD) de Tizi-Ouzou est situé dans la zone industrielle d'Oued-Aissi. Il a pour mission principale le stockage et la distribution des carburants. L'entreprise est composée de 3 branches d'activité :

- Branche carburant.
- Branche GPL (gaz de pétrole liquéfié).
- Branche commercialisation.

La branche carburant comprend : (voir plan de masse de la fig.I.2 et I.3) ;

- Une unité de stockage et de distribution de carburants.
- Une unité de stockage et de distribution d'huile neuves et usagées.

- Un hangar de stockage de pneumatique et lubrifiants.
- Une unité d'incendies et pompiers annexes, une salle de contrôle, traitement des effluents.
- Un Poste électrique.

Présentation de l'organigramme de l'entreprise national NAFTAL :

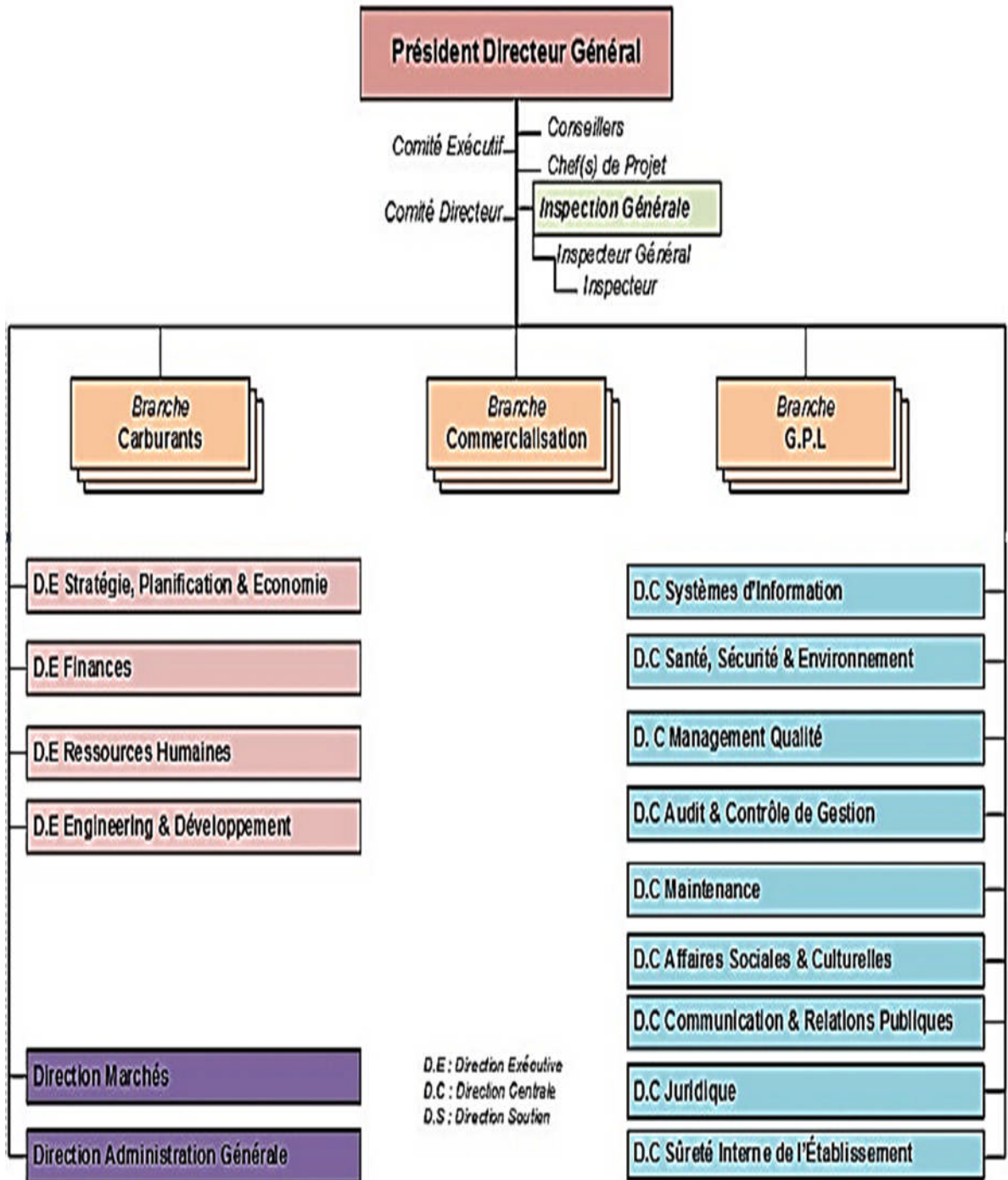


Figure I.1 : Organigramme de l'entreprise NAFTAL



Figure I.2 : Image satellite de centre de stockage d'oued-Aissi

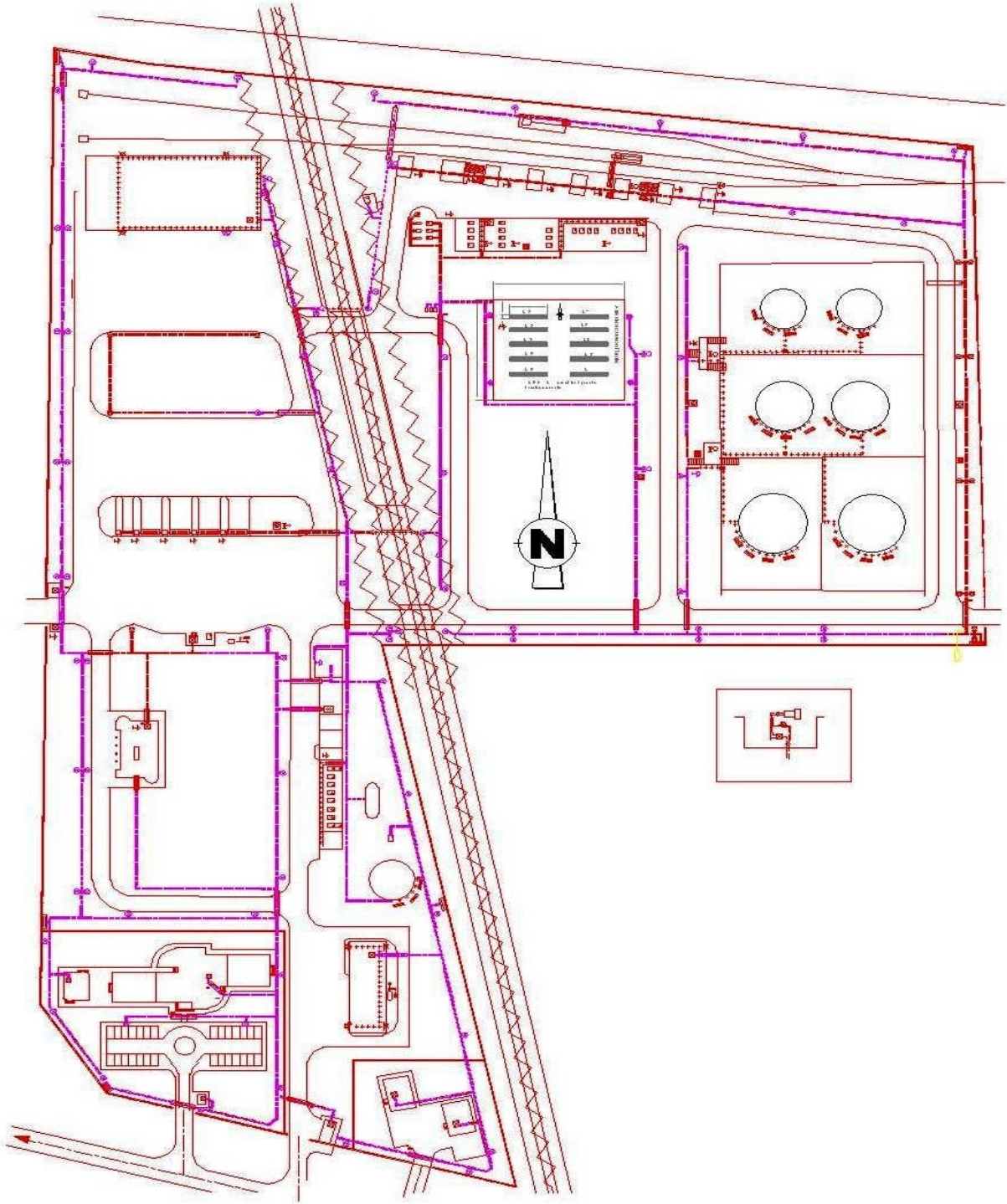


Figure I.3 : Plan de masse du centre de stockage d'oued-Aissi

I.2.1. Unité Installation de stockage et de distribution :

Elle contient les diverses installations permettant au centre la réalisation de ses tâches quotidiennes à savoir le stockage du produit et sa distribution. Elles comprennent les différentes installations suivantes :

- Une zone de stockage.
- Un poste de déchargement camions citernes et wagons.
- Un poste de chargement en dôme et en source.
- Une pomperait de chargement et de déchargement.

a) La zone de stockage :

C'est la partie réservée au stockage des carburants, elle comporte six bacs ayant pour capacité totale 30000 m³ réparties comme suit :

- Quatre bacs gas-oil (TK1, TK2, TK3 et TK4) : TK1 et TK2 ces deux bacs ont une capacité unitaire de 8000 m³ avec un diamètre de 24 m et une hauteur de 18.31 m, Ils sont de type à toit fixe.

TK3 et TK4 ont une capacité unitaire de 5000 m³, avec un diamètre de 20 m et une hauteur de 17.88 m ; Ils sont de type à toit flottant.

Les toits des bacs sont en acier et une purge de fond de bac est effectuée régulièrement.



Figure I.4 : Bac à toit flottant essences



Figure I.5 : Bac à toit fixe gasoil

TK5 et TK6 sont deux bacs à essences ils ont une capacité unitaire de 2000 m³, avec un diamètre de 16m et une hauteur de 11.87 m. Ils sont de type à toit flottant.

Les bacs sont équipés de :

- un indicateur de niveau local (jaugeur)
- un transmetteur de niveau : qui permet la détection du niveau en la transmettant à la salle de contrôle.
- De purges : permettant d'enlever l'eau existant dans les réservoirs.
- D'évents : destinés aux réservoirs à toit fixe servant à faire gement.
- D'une prise pour échantillonnage du produit : Elle est utilisée pour le contrôle du produit et la vérification en cas de mélange entre produits qui provient d'une erreur de déchargement.

Elle est constituée d'un poste de déchargement et d'une pompe de déchargement.

I.2.2- Poste de déchargement :

Il existe 8 quais de déchargement pour le déchargement des wagons et des camions chacun équipé de :

- D'une vanne de sectionnement avec indicateur de circulation.
- D'un flexible d'une longueur de 5 m.
- D'un câble mise à la terre.
- D'un collecteur pour branchement du camion.

Le déchargement est assuré par un ensemble de pompes placées en face des quais réparties comme suit :

- 3 pompes P1, P2 et P3 de type centrifuge a débit unitaire de 160 m³/h pour l'essence normale/super
- 3 pompes P4, P5 et P6 de type centrifuge à débit unitaire de 160 m³/h

I.2.3- Poste de chargement :

Il est constitué de quatre ilots, chacun est muni d'un double quai composé de quatre bras en dôme avec un ensemble de comptage chacun, ils se présentent comme suit :

- Deux bras en dôme gasoil.
- Un bras en dôme pour l'essence normale.
- Un bras en dôme pour l'essence super.
- Deux passerelles abattantes.
- Deux mises à la terre.

Le chargement est assuré par huit pompes réparties comme suit :

- Quatre pompes P11, P12, P13 et P14 de type à centrifuge et a débit unitaire de 150 m³/h pour le gasoil.
- Quatre pompes P7, P8, P9 et P10 pour l'essence normale et super.

Remarque : la pompe p11 peut être utilisée pour le transfert du gasoil du bac TK1 vers le bac TK2

I.2.4- Les installations de contrôle commandent.

La gestion des acquisitions, des alarmes et de sécurité pour le chargement et le déchargement des produits, est assurée par un automate appelé MDP (Mouvement De Produits) implanté en local technique.

À cet automate est associée une supervision constituée d'un micro-ordinateur.

L'automate programmable assure le contrôle et la commande de chargement et de déchargement du produit, Il est relié à un microordinateur et d'une imprimante installés dans la salle de contrôle Cet ensemble de contrôle et de commandes est sous forme de synoptique.

Ces différents synoptiques sont :

- Vue générale.
- Acquisition des mesures du niveau et température des bacs.
- Acquisition des mesures de débit de déchargement.
- Commande marche et arrêt de chaque pompe.
- Signalisation de l'état de chaque pompe (marche, arrêt, défaut).
- Commande de l'ouverture et de la fermeture de chaque vanne motorisée.
- Signalisation de l'état de chaque vanne motorisée.
- Les alarmes du niveau haut et bas de chaque bac.
- La signalisation des mises à la terre des bras.
- La signalisation de fin de course de déchargement.

I.2.5- Installations annexes :

Elles comprennent tous les réseaux d'utilités et de services nécessaires au bon fonctionnement du centre notamment :

- Traitement des effluents.
- Salle de contrôle.
- Collecte des purges pétrolières.
- Système de lutte anti-incendie.
- Alimentation en eau.
- Électricité et instrumentation.

a) Traitement des effluents (eaux huileuses):

Les eaux de pluie peuvent être polluées. Elles sont collectées et envoyées vers l'unité de traitement des effluents huileux.

Ce traitement est réalisé dans un bassin qui permet la séparation de l'eau d'hydrocarbures, et la récupération de ces derniers ce fait par pompage. Cette installation est constituée :

- D'un bassin de décantation constitué de deux bassins avec goulotte d'écumage orientable pour la récupération des huiles.
- D'une fausse de récupération des hydrocarbures avec une pompe de relevage permettant leur chargement dans un camion-citerne.
- D'une fausse de récupération des eaux déshuilées.

b) Salle de contrôle :

C'est la salle où s'effectue le contrôle de toutes les opérations du centre. Le poste de supervision (MDP) est implanté dans cette salle où les opérateurs peuvent contrôler et surveiller l'ensemble des installations du (CSD) à l'aide :

- D'un système de centralisation des opérations de chargement qui permet de superviser toutes les opérations de chargement, et une imprimante qui permet d'éditer le compte-rendu de la quantité de produits de chargement par jour.
- D'un poste de supervision (MDP) qui permet à l'opérateur d'avoir accès à l'ensemble de la conduite du mouvement des produits.
- D'un synoptique du centre regroupant les signalisations de détection incendie et d'arrêt d'urgence.

c) Collecte des purges pétrolières :

Les purges des tuyauteries de gasoil et essence sont collectées et envoyées dans des citernes enterrées. Ces purges sont soutirées par des pompes et envoyées dans les stockages.

Chaque citerne est équipée :

- D'un transmetteur de niveau avec indication local du niveau, et indication de niveau en salle de contrôle.
- D'un contacteur de niveau très haut avec alarme en salle de contrôle.
- D'un événement avec arrêt flamme.
- D'une pompe de relevage qui permet d'envoyer les purges vers les réservoirs de stockage.

I.2.6- Le système de lutte anti-incendie :

Puisque les produits pétroliers sont facilement inflammables, le centre a installé un système pour la prévention de tout risque d'incendie.

Le système est constitué de :

- D'un bac de stockage d'eau incendie.
- D'une pomperie incendie.
- De réseaux fixes maillés d'eau et mousse.
- D'équipements de détection de flammes.
- D'équipement de d'extinction d'incendie.

- De matériel mobile et divers de sécurité.
- Forage équipé d'une pompe. elle est stockée dans le réservoir TK50 de capacité 2400 m³ qui est équipé :
 - D'un transmetteur de niveau avec alarme niveau bas.
 - D'un contacteur niveau très bas avec alarme.
 - D'un robinet à flotteur permettant le maintien du niveau d'eau constant dans le réservoir.
 - D'une tuyauterie de vidange.
 - D'un réservoir d'émulseur TK60 d'une capacité de 20 m³ équipé d'une alarme niveau bas.
- Le réservoir du combustible des groupes diesel D4 est d'une capacité de 10 m³, équipé d'une alarme niveau bas.
- Deux proportionneurs mécaniques qui produisent la solution moussante.
- D'une pomperie incendie constituée de :
 - Deux pompes électriques centrifuges, P50 et P51 d'un débit unitaire de 200 m³/h.
 - Une pompe diesel P52 (de secours) d'un débit de 400m³/h.
 - Deux pompes électriques « Jockey » P53 et P54 d'un débit unitaire de 20 m³/h.
 - Deux pompes d'émulseur dont l'une est électrique P60 et l'autre diesel P61 avec un débit unitaire de 11m³/h.
 - Une électropompe de puits P55 de débit de 20 m³/h.
 - Une pompe de remplissage d'émulseur P62 de débit de 11 m³/h.
 - Deux proportionneurs pour la production de la mousse dont l'un est de secours.
- Des équipements de détection de flammes :

Tous les postes de chargement et de déchargement, pomperie incendie, et produit sont équipés de détecteurs d'incendie thermiques par contre au niveau du hangar de stockage, ce sont les détecteurs de fumée qui sont installés.
- Les équipements d'extinction d'incendie :

Les extinctions des zones protégées sont réalisés manuellement par :
Ouverture des vannes motorisées des circuits d'eau et de mousse. Ces ouvertures de vannes sont effectuées depuis le local incendie, ou localement.

L'ouverture de ces vannes met en service :

- Les couronnes de refroidissement des réservoirs.
- Les rampes d'arrosage de mousse du hangar.

- Les rampes d'arrosage de mousse et les rampes de refroidissement des réservoirs d'hydrocarbures.
 - Les rampes d'arrosage de mousse des poste de chargement et déchargement camions.
- Il existe d'autre équipements d'extinction comme :

Les extincteurs à poudre, extincteurs de CO2.

➤ **Des Sirènes d'alerte incendie :**

Les détections incendie ne mettent pas automatiquement en service les sirènes d'alerte incendie, c'est l'opérateur responsable de la protection incendie qui déclenche manuellement la mise en service de ces sirènes ; elles sont installées sur les toits des bâtiments suivants :

- Bâtiment administratif.
- Salle de contrôle.
- Local incendie.

Les zones à protéger sont au nombre de 6 énumérées ci-après:

- La pomperie carburant.
 - Les postes de chargement camions.
 - Les postes de déchargement.
 - La pomperie incendie.
 - Le hangar de stockage.
 - Stockage des carburants (bacs).
- La pomperie carburant correspond à une surface en bâtiment ouvert d'environ 65 m sur 125 m soit 8125 m².

Les pompes au nombre de 18, sont regroupées en 3 ou 4 ce qui définit les surfaces à protéger. Dans cet espace, il a été installé :

- 10 détecteurs thermiques de sécurité intrinsèque.
- 02 détecteurs manuels (bris de glace) pour cet ensemble.
- 01 vanne motorisée d'incendie (mousse).

Il y a 5 ilots de chargement camion à protéger, cet ensemble correspond à une surface en bâtiment ouvert d'environ 40 m sur 17 m soit 680 m². Dans ces ilots, il a été installé les équipements de lutte anti incendie suivant :

- 10 détecteurs thermiques de sécurité intrinsèque (2 détecteurs par ilot).
- 02 détecteurs manuels (bris de glace) pour cet ensemble.
- 01 vanne motorisée d'incendie (mousse).
- 01 rampe d'arrosage mousse.
- Il y a 8 postes de déchargement. Chaque poste présente une surface de 10 m sur 8 m soit 80 m², pour de lutte contre l'incendie, les appareils suivant ont été installés
 - 01 détecteur thermique de sécurité intrinsèque par poste.
 - 02 détecteurs manuels (brise de glace) pour l'ensemble des postes.
 - 02 vannes motorisées d'incendie.
 - 01 rampe d'arrosage mousse.
- La pomperie incendie est située dans un bâtiment ouvert. La partie à surveiller représente une surface de 30m sur 8m soit 240m².les appareils installés dans ce bâtiment sont les suivant :
 - 02 détecteurs de fumée.
 - 01 détecteur manuel pour l'ensemble.
 - Des vannes manuelles.
- Le hangar de stockage est situé hors la zone du mouvement de produits. Il est constitué de deux parties distinctes qui servent le dépôt des lubrifiants et pneumatiques. Chaque partie correspond à une surface 30m soit 900m².les équipement installes dans ce hangar sont :
 - 10 détecteurs de fumée.
 - 02 détecteurs manuels.
 - 02 vannes motorisées incendient.
 - 01 rampe d'arrosage.
- 06 bacs de stockage de carburants :

Cet ensemble correspond à une surface de 130.50 m sur 70 m soit donc 9135 m².à fin de protéger cet ensemble, les équipements qui suivent ont été installés ;

 - 12 vannes motorisées incendie (06 pour la mousse, 06 pour l'eau).
 - 01 couronne de refroidissement (pour chaque bac).
- Le local incendie permet aux opérateurs d'avoir accès à la surveillance et au contrôle commande anti-incendie pour l'ensemble du centre. Cet ensemble de supervision est constitué d'une armoire regroupant :
 - Les signalisations et commandes nécessaires pour le bon fonctionnement du système de lutte contre l'incendie.

- Un tableau synoptique conventionnel du centre divisé en zones à protéger été installé en salle anti-incendie, il est indépendant de la supervision qui se fait à la salle de contrôle.

Il est constitué d'une armoire regroupant :

- Une centrale de détection incendie (MD500i).
 - Signalisation des arrêts d'urgence du local.
 - Commandes de marche/arrêt et signalisation de marche/arrêt et défauts électriques des pompes motorisées du :
 - ❖ Réseau incendie : P50, P51, P53, P54.
 - ❖ Réseau mousse : P60.
 - ❖ Forage : P55.
 - Les commutateurs de choix d'ordre de démarrage des pompes du réseau incendie.
 - Commandes d'ouverture/fermeture et signalisation d'ouverture et défauts électrique des 18 vannes d'extinction d'eau et de la mousse.
 - Les alarmes du niveau des bacs :
 - ❖ Du réservoir d'eau incendie TK50 (niveau bas et niveau très bas).
 - ❖ De la réserve d'émulseur TK60.
 - ❖ De la cuve de combustible de diesel de la pompe incendie D4.
 - Un indicateur de mesure de niveau du réservoir incendie TK50.
 - Les signalisations de marche/arrêt et défaut générale du diesel de la pompe d'eau incendie P52 et du diesel de la pompe d'émulseur P61.
 - Un bouton poussoir coup de poing d'arrêt d'urgence du procédé.
 - Les boutons poussoirs de test lampe et d'acquis.
 - Les automatismes de maintien en pression du réseau eau incendie.
- **Consigne :**
- Cette zone ne doit être fréquentée que par le personnel suivant :
 - (Réception produit, entretien, sécurité)
 - Tous travaux qui s'effectuent à l'intérieur de cette zone doivent faire l'objet d'une autorisation.
 - L'ensemble des bacs, cuves Ets...de stockage doivent être maintenues très bon état.

➤ Prévention :

L'ensemble des mesures et consignes de sécurité traitant le chapitres suivant :

- Définitions.
- Règles d'implantation.
- Règles de construction des emplacements hydrocarbures
- Installation électrique.
- Prévention de la pollution
- Protection de la pollution.
- Règles d'exploitation.

Sont définies dans les textes et régies par les arrêtés du 09-19 novembre 1975.

➤ Mesures d'urgence :

Alerte : la première personne qui découvre l'incident ou la fuite doit donner l'alerte par les moyens existants.

- Arrêt immédiat de l'exploitation, fermeture de tous les circuits de réception et évacuation.
- Localiser et identifier l'incident.
- Agir en conséquence suivant les plans d'organisation incendie propres au centre.
- Appel aux secours extérieurs dans tous les cas pour intervention ou information.
(protection civile, Autorités locales)

I.2.7- Poste de chargement et déchargement :**Consigne :**

- Il est rigoureusement interdit de fumer.
- Les véhicules doivent se placer d l'avant tourné vers la sortie.
- Les chauffeurs, aussitôt effectuée la mise en place de leur véhicule, doivent :
 - Arrêter le moteur.
 - Couper l'éclairage s'il y a lieu.
 - Couper le circuit de la batterie.
 - Mettre le véhicule a la terre, à l'aide du dispositif spécial prévu à cet effet, avant toute opération de chargement et déchargement.
 - S'assurer de la fermeture des vannes et clapets de vidange des citernes.

- Ne remplir qu'une cuve à la fois et n'ouvrir que le capot de trou d'homme de cette seule cuve.
- Introduire le tube plongeur du bras de chargement jusqu'au fond de la cuve qui vient d'être remplie avant d'ouvrir la cuve suivante.
- N'interrompre la mise à la terre branchée sur le véhicule qu'après que toute opération de nettoyage ou de réparation.
- Tout liquide répandu sur le sol doit être immédiatement asséché à l'aide du sable, Aucun véhicule ne doit être mis en route avant que cet assèchement soit réalisé.

I.3- MESURES D'URGENCES :

Dès qu'un commencement d'incendie se produit au poste de chargement ou déchargement.

A. LES REMPLISSEUR doivent :

- Fermer les vannes des bras de chargement.
- Relever ces derniers en évitant toute précipitation de façon à éviter de répandre du liquide.
- Fermer les capots des trous d'homme des citernes.

B. Les chauffeurs doivent :

- Conduire leur véhicule (sauf celui de feu) aussitôt que les trous d'hommes ont été fermés à l'extérieur du centre (à l'endroit du regroupement déjà indiqué).
- Revenir et se mettre à la disposition du responsable de l'opération incendie.

NOTA : Le chauffeur du véhicule évacué le premier ne revient pas dans le centre, il reste sur place par assurer la surveillance de tous les camions.

C. Les chefs d'équipe remplisseur doit :

- Donner l'alerte : bouton sirène.
- Actionner le bouton d'arrêt d'urgence.
- Attaquer avec son équipe le feu avec les appareils extincteurs appropriés en attendant l'arrivée des équipes spécialisées.
- Feu de dôme de citerne sans débordement, la fermeture du capot de la cuve suffit pour provoquer l'extinction.
- Les feux sur personnes sont éteints par étouffement à l'aide des couvertures en amiantes.

Chapitre II

II.1- GÉNÉRALITÉS

II.1.1- Définition

Un fluide peut être considéré comme étant formé d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. Un fluide est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler.

Parmi les fluides, on fait souvent la distinction entre liquides et gaz.

II.1.2- Liquides et gaz :

Les liquides et gaz habituellement étudiés sont isotropes, mobiles et visqueux.

La propriété physique qui permet de faire la différence entre les deux est la compressibilité.

- ✓ l'isotropie assure que les propriétés sont identiques dans toutes les directions de l'espace.
- ✓ la mobilité fait qu'ils n'ont pas de forme propre et qu'ils prennent la forme du récipient qui les contient.
- ✓ la viscosité caractérise le fait que tout changement de forme d'un fluide réel s'accompagne d'une résistance (frottements).

II.1.3- Forces de volume et forces de surface :

Comme tout problème de mécanique, la résolution d'un problème de mécanique des fluides passe par la définition du système matériel S , particules de fluide à l'intérieur d'une surface fermée limitant S . À ce système on applique les principes et théorèmes généraux de mécanique et thermodynamique :

- ✓ principe de la conservation de la masse.
- ✓ principe fondamental de la dynamique.
- ✓ principe de la conservation de l'énergie.

II.1.4- DEBIT

Le débit est le quotient de la quantité de fluide qui traverse une section droite de la conduite par la durée de cet écoulement.

a)- Débit-masse

Si (m) est la masse de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant le temps (t), par définition le débit-masse est : unité ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$).

$$q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

b) - Débit-volume

Si (V) est le volume de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant le temps (t), par définition le débit-volume est : unité ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$).

$$q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

c)- Relation entre q_m et q_v :

La masse volumique est donnée par la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{D'où : } q_m = \rho \cdot q_v$$

Remarque :

Les liquides sont incompressibles et peut dilatables (masse volumique constante) ; on parle alors d'écoulements iso-volumes.

Pour les gaz, la masse volumique dépend de la température et de la pression. Pour des vitesses faibles (variation de pression limitée) et pour des températures constantes on retrouve le cas d'un écoulement iso-volume.

II.1.5- Écoulements permanents ou stationnaires :

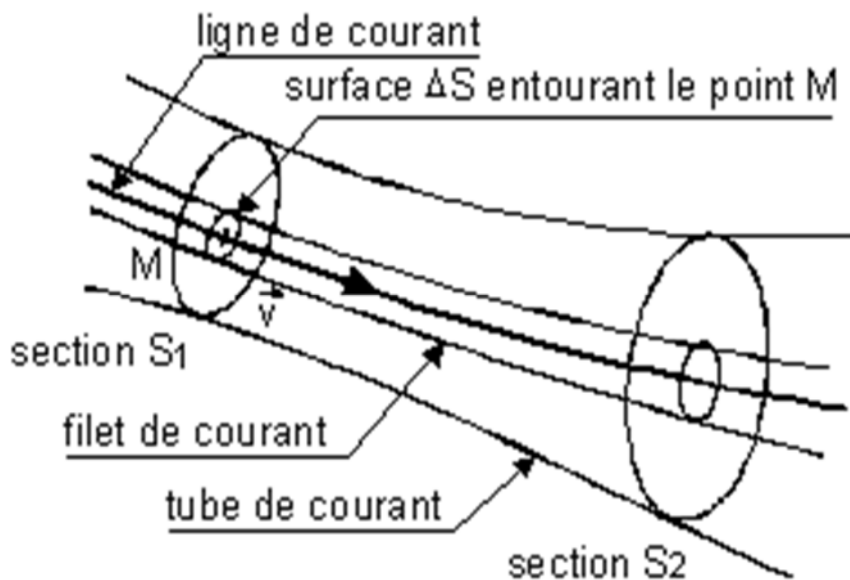
Un régime d'écoulement est dit permanent ou stationnaire si les paramètres qui le caractérisent (pression, température, vitesse, masse volumique, ...), ont une valeur constante au cours du temps.

II.2- Équation de conservation de la masse ou équation de continuité :

II.1.1- Définitions :

- **Ligne de courant** : En régime stationnaire, on appelle ligne de courant la courbe suivant laquelle se déplace un élément de fluide. Une ligne de courant est tangente en chacun de ses points au vecteur vitesse du fluide en ce point.
- **Tube de courant** : Ensemble de lignes de courant s'appuyant sur une courbe fermée.
- **Filet de courant** : Tube de courant s'appuyant sur un petit élément de surface ΔS .

La section de base (ΔS) du tube ainsi définie est suffisamment petite pour que la vitesse du fluide soit la même en tous ses points (répartition uniforme).



II.2.2- Conservation du débit :

Considérons un tube de courant entre deux sections S_1 et S_2 . Pendant l'intervalle de temps (t), infiniment petit, la masse (m_1) de fluide ayant traversé la section S_1 est la même que la masse (m_2) ayant traversé la section S_2 .

$Q_{m1} = Q_{m2}$ En régime stationnaire, le débit-masse est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant.

Dans le cas d'un écoulement iso-volume (= Cts) :

$q_{v1} = q_{v2}$ En régime stationnaire, le débit-volume est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant.

II.2.3- Expression du débit en fonction de la vitesse v :

Le débit-volume est aussi la quantité de liquide occupant un volume cylindrique de base S et de longueur égale à v , correspondant à la longueur du trajet effectué pendant l'unité de temps, par une particule de fluide traversant S .

Il en résulte la relation importante : $q_V = V.S$

II.2.4- Vitesse moyenne :



En général la vitesse (V) n'est pas constante sur la section (S) d'un tube de courant ; on dit qu'il existe un profil de vitesse (à cause des forces de frottement). Le débit-masse ou le débit-volume s'obtient en intégrant la relation précédente :

Dans une section droite (S) de la canalisation, on appelle vitesse moyenne V_{moy} la vitesse telle

$$\text{que : } V_{moy} = \frac{q_V}{S}$$

La vitesse moyenne V_{moy} apparaît comme la vitesse uniforme à travers la section S qui assurerait le même débit que la répartition réelle des vitesses.

Si l'écoulement est iso volume, cette vitesse moyenne est inversement proportionnelle à l'aire de la section droite.

$$q_V = V_{1moy} \cdot S_1 = V_{2moy} \cdot S_2 = \text{Cst} \quad \Longrightarrow \quad \text{C'est l'équation de continuité.}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad \text{La vitesse moyenne est d'autant plus grande que la section est faible.}$$

II.3- Théorème de BERNOULLI

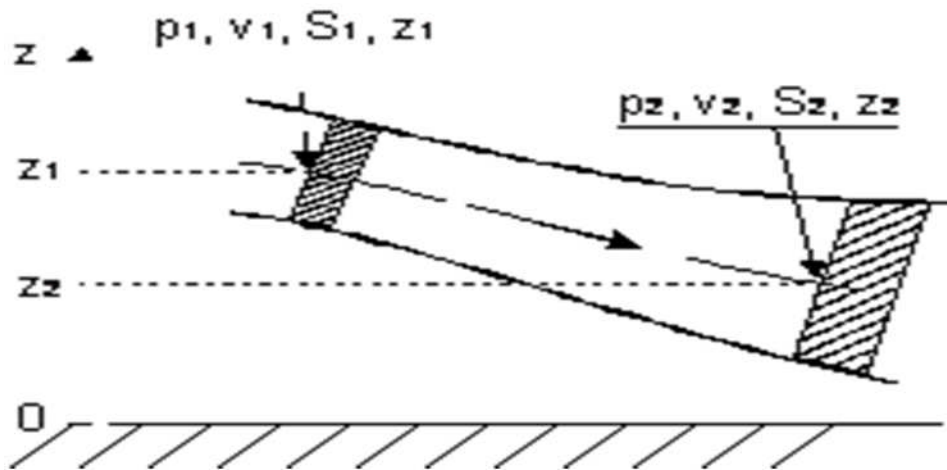
II.3.1- Le phénomène

Observations

- ✓ Une balle de ping-pong peut rester en suspension dans un jet d'air incliné.
- ✓ Une feuille de papier est aspirée lorsqu'on souffle dessus.

Conclusion : La pression d'un fluide diminue lorsque sa vitesse augmente.

II.3.2- Théorème de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible :



Un fluide parfait est un fluide dont l'écoulement se fait sans frottement.

On considère un écoulement permanent iso-volume d'un fluide parfait, entre les sections S_1 et S_2 , entre lesquelles il n'y a aucune machine hydraulique, (pas de pompe, ni de turbine).

Soit m la masse et V le volume du fluide qui passe à travers la section S_1 entre les instants (t) et $(t+dt)$. Pendant ce temps la même masse et le même volume de fluide passe à travers la section S_2 . Tout se passe comme si ce fluide était passé de la position (1) à la position (2).

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à ce fluide entre les instants (t) et $(t+dt)$ (la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces extérieures : poids et forces pressantes), on obtient :

$$\rho \frac{V^2}{2} + \rho g z + p = \text{cst} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

_ P : est la pression statique.

_ $\rho g z$: est la pression de pesanteur.

_ $\rho \frac{V^2}{2}$: est la pression cinétique.

_ Tous les termes s'expriment en pascal.

_ En divisant tous les termes de la relation précédente par le produit ρg , on écrit tous les termes dans la dimension d'une hauteur (pressions exprimées en mètres de colonne de fluide).

$$\frac{V^2}{2g} + Z + \frac{P}{\rho g} = H = \text{cst} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

_ H : est la Hauteur totale.

_ $\frac{P}{\rho g}$: est la Hauteur de Pression.

_ Z : est la cote.

_ $\frac{V^2}{2g}$: est la Hauteur cinétique.

_ $Z + \frac{P}{\rho g}$: est la Hauteur piézométrique.

II.3.3- Cas d'un écoulement (1) et (2) sans échange de travail :

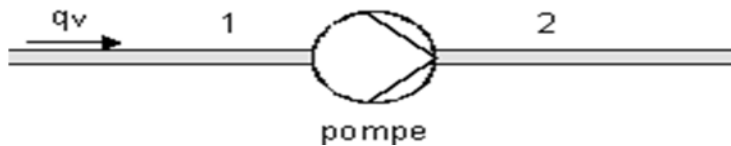
Lorsque, dans un écoulement d'un fluide parfait, il n'y a aucune machine (ni pompe ni turbine) entre les points (1) et (2) d'une même ligne de courant, la relation de Bernoulli peut s'écrire sous l'une ou l'autre des formes suivantes :

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = 0 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Où:

$$\frac{1}{2g}(V_2^2 - V_1^2) + (Z_2 - Z_1) + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

II.3.4- Cas d'un écoulement (1) et (2) avec échange d'énergie :



Lorsque le fluide traverse une machine hydraulique, il échange de l'énergie avec cette machine sous forme de travail W pendant une durée (t). La puissance (P) échangée est $P = \Delta W / \Delta t$

Unités : P en watt (W), W en joule (J), (t) en seconde (s).

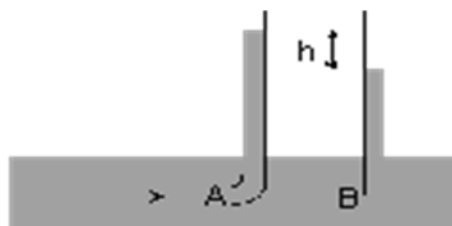
- ✓ $P > 0$ si l'énergie est reçue par le fluide (ex. : pompe) ;
- ✓ $P < 0$ si l'énergie est fournie par le fluide (ex. : turbine).

Si le débit-volume est q_v , la relation de Bernoulli s'écrit alors :

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = \frac{P}{q_v} \quad \dots (2.5)$$

II.4- Application du Théorème de Bernoulli :

II.4.1- Tube de Pitot :



On considère un liquide en écoulement permanent dans une canalisation et deux tubes plongeant dans le liquide, l'un débouchant en A face au courant, et l'autre en B est le long des lignes de courant, les deux extrémités étant à la même hauteur. Au point B, le liquide a la même vitesse V que dans la canalisation et la pression est la même que celle du liquide $p_B = p_A$.

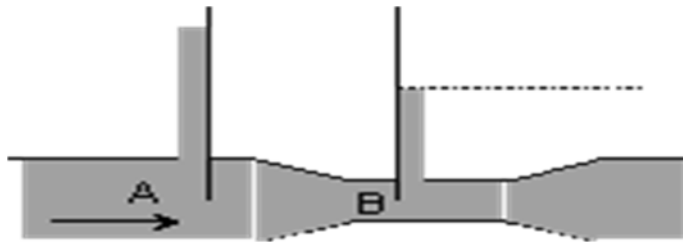
En A, point d'arrêt, la vitesse est nulle et la pression est p_A .

D'après le théorème de Bernoulli,

$$P_B + \frac{1}{2}\rho V^2 = P_A \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{2}\rho V^2 = \rho gh$$

En mesurant la dénivellation h du liquide dans les deux tubes, on peut en déduire la vitesse v d'écoulement du fluide.

II.4.2- Phénomène de Venturi :



Un conduit de section principale S_A subit un étranglement en B où sa section est S_B . La vitesse d'un fluide augmente dans l'étranglement, donc sa pression y diminue : $V_B > V_A$ et $P_B < P_A$

Le théorème de Bernoulli s'écrit ici :

$$P_A + \frac{1}{2}\rho V_A^2 = P_B + \frac{1}{2}\rho V_B^2 = P_C + \frac{1}{2}\rho V_C^2$$

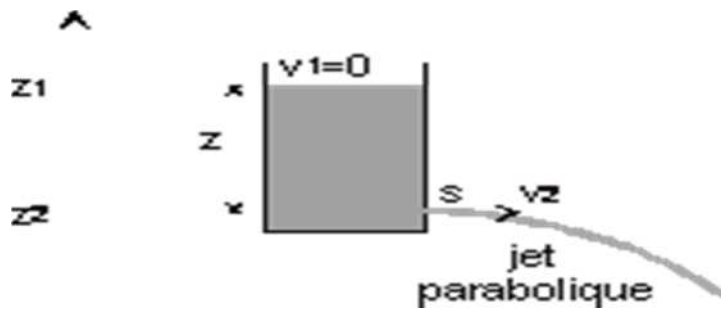
D'après l'équation de continuité : $V_B S_B = V_A S_A = q_V$ et $V_B > V_A$ donc $P_A > P_B$

$$P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho \left(\frac{1}{S_B^2} - \frac{1}{S_A^2} \right) q^2 = Kq^2 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

La différence de pression aux bornes aux extrémités du tube de Venturi est proportionnelle au carré du débit ; application à la mesure des débits (organes déprimogènes).
On peut citer aussi la trompe à eau, le pulvérisateur...

II.4.3- Écoulement d'un liquide contenu dans un réservoir :

- **Théorème de Torricelli :**



Considérons un réservoir muni d'un petit orifice à sa base, de section s et une ligne de courant partant de la surface au point (1) et arrivant à l'orifice au point (2). En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points (1) et (2),

$$\rho \frac{V_1^2}{2} + \rho g z_1 + P_1 = \rho \frac{V_2^2}{2} + \rho g z_2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Or $P_1 = P_2 =$ pression atmosphérique et $V_1 \ll V_2$ d'où $V_2 = \sqrt{2gz}$

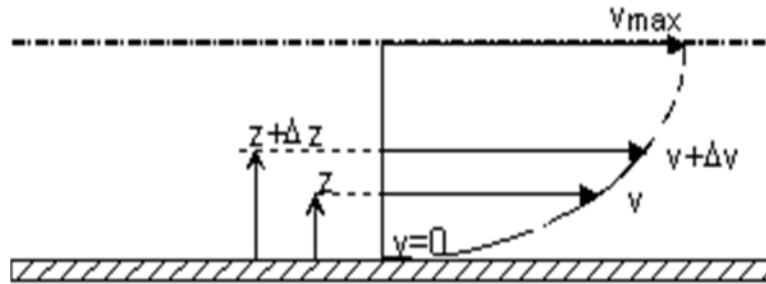
La vitesse d'écoulement est la même que la vitesse de chute libre entre la surface libre et l'orifice, quelle que soit la masse volumique du liquide.

Application : Vase de Mariotte à débit constant

II. 5- dynamiques des fluides visqueux

II.5.1- Profil des vitesses :

Sous l'effet des forces d'interaction entre les molécules de fluide et des forces d'interaction entre les molécules de fluide et celles de la paroi, chaque molécule de fluide ne s'écoule pas à la même vitesse. On dit qu'il existe un profil de vitesse.



Si on représente par un vecteur, la vitesse de chaque particule située dans une section droite perpendiculaire à l'écoulement d'ensemble, le courbe lieu des extrémités de ces vecteurs représente le profil de vitesse.

Le mouvement du fluide peut être considéré comme résultant du glissement des couches de fluide les unes sur les autres.

La vitesse de chaque couche est une fonction de la distance z de cette couche au plan fixe :

$$V = v(z).$$

II.5.2- Viscosité dynamique :

Considérons deux couches de fluide contiguës distantes de (Z). La force de frottement F qui s'exerce à la surface de séparation de ces deux couches s'oppose au glissement d'une couche sur l'autre. Elle est proportionnelle à la différence de vitesse des couches soit (V), à leur surface S et inversement proportionnelle à (Z) :

$$F = \eta S \cdot \frac{\Delta V}{\Delta Z}$$

_ Le facteur de proportionnalité est le coefficient de viscosité dynamique du fluide.

Dimension : $[F] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$.

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité dynamique est le Pascal seconde (Pa.s) ou Poiseuille (Pl) : $1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m.s}$

Autres unités (non légales) :

On trouve encore les tables de valeurs numériques le coefficient de viscosité dans un ancien système d'unités (CGS): l'unité est le Poise (Po); $1 \text{ Pl} = 10 \text{ Po} = 1 \text{ daPo} = 10^3 \text{ cPo}$.

La viscosité de produits industriels (huiles en particulier) est exprimée au moyen d'unités empiriques: degré ENGLER en Europe, degré Redwood en Angleterre, degré Saybolt aux USA.

II.5.3- Viscosité cinématique :

Dans de nombreuses formules apparaît le rapport de la viscosité dynamique et de la masse volumique.

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

Ce rapport est appelé **viscosité cinématique** :

Dimension : $[\nu] = L^2 \cdot T^{-1}$.

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité n'a pas de nom particulier : (m²/s).

Dans le système CGS (non légal), l'unité est le Stokes (St) : 1 m²/s = 10⁴ St

II.5.4- Ordre de grandeur ; influence de la température [Ref.7] :

Fluide	η (Pa.s)
Eau (0 °C)	1,787 x 10 ⁻³
Eau (20 °C)	1,002 · x 10 ⁻³
Eau (100 °C)	0,2818 · x 10 ⁻³
Huile d'olive (20 °C)	≈100 · x 10 ⁻³
Glycérol (20 °C)	≈1,0
H ₂ (20 °C)	0,860 · x 10 ⁻⁵
O ₂ (20 °C)	1,95 · x 10 ⁻⁵

Remarque : La viscosité des liquides diminue beaucoup lorsque la température augmente.

Il n'existe pas de relation rigoureuse liant η et T.

Contrairement à celle des liquides, la viscosité des gaz augmente avec la température.

II.6. PERTES DE CHARGE :

II.6.1- Le phénomène

Observations :

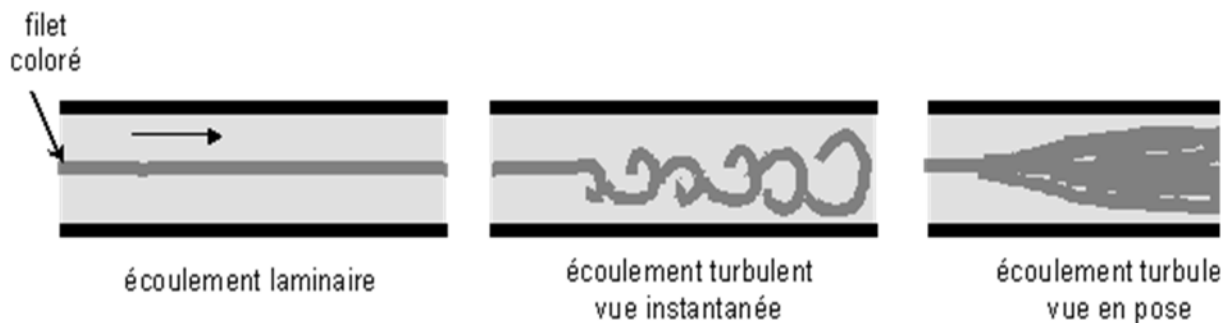
- La pression d'un liquide réel diminue tout au long d'une canalisation dans laquelle il s'écoule, même si elle est horizontale et de section uniforme, contrairement au théorème de Bernoulli.
- La pression d'un fluide réel diminue après le passage à travers un coude, une vanne ou un rétrécissement.

Conclusion :

- Un fluide réel, en mouvement, subit des pertes d'énergie dues aux frottements sur les parois de la canalisation (pertes de charge systématiques) ou sur les "accidents" de parcours (pertes de charge singulières).

II.6.2- Les différents régimes d'écoulement

- nombre de Reynolds



Les expériences réalisées par Reynolds (1883) lors de l'écoulement d'un liquide dans une conduite cylindrique rectiligne dans laquelle arrive également un filet de liquide coloré, ont montré l'existence de deux régimes d'écoulement : laminaire et turbulent.

En utilisant des fluides divers (viscosité différente), en faisant varier le débit et le diamètre de la canalisation, Reynolds a montré que le paramètre qui permettait de déterminer si l'écoulement est laminaire ou turbulent est un nombre sans dimension appelé nombre de Reynolds et donné par :

$$\mathbf{Re} = \frac{\rho V D}{\mu} \quad \text{ou}' \quad \mathbf{Re} = \frac{V D}{\nu}$$

Avec :

ρ = masse volumique du fluide, v = vitesse moyenne, D = diamètre de la conduite

μ = viscosité dynamique du fluide, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

ν = viscosité cinématique

L'expérience montre que :

- _ Si $Re < 2000$ le régime est LAMINAIRE.
- _ Si $2000 < Re < 3000$ le régime est intermédiaire.
- _ Si $Re > 3000$ le régime est TURBULENT.

Ces valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeur, le passage d'un type d'écoulement à un autre se faisant progressivement.

II.6.3- Théorème de Bernoulli appliqué à un fluide réel avec pertes de charge :

Lors d'un écoulement d'un fluide compressible visqueux stationnaire il peut y avoir des pertes de charge entre les points (1) et (2) : dans le cas d'une installation ne comportant pas de machine hydraulique (pompe ou turbine) on écrira la relation de Bernoulli sous la forme :

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = -\Delta P \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Δp : représente l'ensemble des pertes de charge entre (1) et (2) exprimées en Pa.

II.6.4- Expression des pertes de charge :

II.6.4.1- Influence des différentes grandeurs :

Lorsqu'on considère un fluide réel, les pertes d'énergie spécifiques ou bien comme on les appelle souvent, les pertes de charge dépendent de la forme, des dimensions et de la rugosité de la canalisation, de la vitesse d'écoulement et de la viscosité du liquide mais non de la valeur absolue de la pression qui règne dans le liquide.

La différence de pression $p = p_1 - p_2$ entre deux points (1) et (2) d'un circuit hydraulique a pour origine :

- ✓ Les frottements du fluide sur la paroi interne de la tuyauterie ; on les appelle pertes de charge régulières ou systématiques.
- ✓ La résistance à l'écoulement provoquée par les accidents de parcours (coudes, élargissements ou rétrécissement de la section, organes de réglage, etc.) ; ce sont les pertes de charge accidentelles ou singulières.

La perte de charge totale est donc la somme de deux pertes donnée par l'expression suivant :

$$\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_S$$

La perte de charge totale exprimée en hauteur de fluide s'écrit

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S$$

Le fluide est caractérisé par :

- Sa masse volumique ρ
- Sa viscosité cinématique ν

Un tuyau est caractérisé par :

- Sa section (forme et dimension) en général circulaire (diamètre D), sa longueur L.
- Sa rugosité (ϵ) (hauteur moyenne des aspérités de la paroi).

Ces éléments sont liés par des grandeurs comme la vitesse moyenne d'écoulement (v) ou le débit (q) et le nombre de Reynolds (Re) qui joue un rôle primordial dans le calcul des pertes de charge.

II.6.5- Pertes de charges linéaires

Ce genre de perte est causé par le frottement intérieur qui se produit dans les liquides ; il se rencontre dans les tuyaux lisses aussi bien que dans les tuyaux rugueux.

Entre deux points séparés par une longueur L, dans un tuyau de diamètre D apparaît une perte de pression (ΔP). exprimée sous la forme suivante : [Ref 4 et Ref 5]

$$\boxed{\Delta P = \lambda \frac{\rho V^2 L}{2 D}} \quad \text{Ou} \quad \boxed{\Delta h = \lambda \frac{V^2 L}{2g D}} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

- ΔP : Différence de pression (Pa)
- ΔH : Différence de hauteur
- ΔH : Perte de charge exprimée en mètres de colonne de fluide (mCF)
- λ : est un coefficient sans dimension appelé coefficient de perte de charge linéaire.

Le calcul des pertes de charges repose entièrement sur la détermination de ce coefficient λ .

a) - Cas de l'écoulement laminaire : ($Re < 2000$) :

Dans ce cas on peut montrer que le coefficient est uniquement fonction du nombre de Reynolds Re ; l'état de la surface n'intervient pas et donc ne dépend pas de k (hauteurs moyennes des aspérités du tuyau), ni de la nature de la tuyauterie.

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Avec

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

..... (2.10)

(2.9) et (2.10) est tirée : [Ref 4 et Ref 5]

Il est alors immédiat de voir que h est proportionnel à la vitesse v et donc au débit q , ainsi qu'à la viscosité cinématique.

b)- cas de l'écoulement turbulent $Re > 3000$

Dans ce cas le coefficient ($f = \lambda$) est fonction de Reynolds et de l'état de surface de la conduite, pour des conduites industrielles, ce coefficient est donné et tiré du diagramme de Moody représenté sur la figure (II.1)

Le coefficient λ peut être également calculé à l'aide de la corrélation proposée par Colbrook s'écrivant comme suit : [Ref 4 et Ref 10]

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 0.86 \ln \left(\frac{\varepsilon/d}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

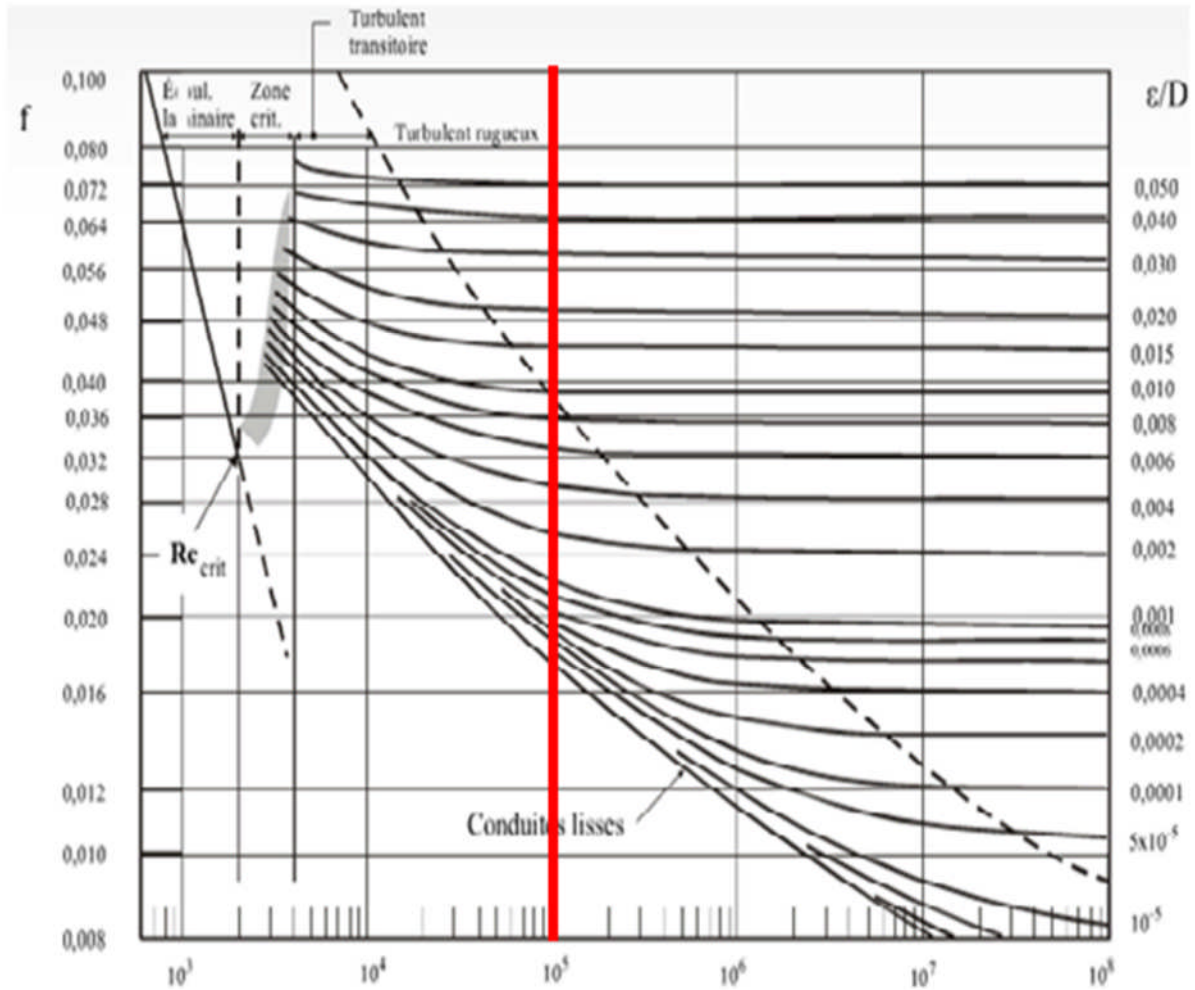


Figure II.1: Diagramme de Moody [Ref 4 et Ref 10]

II.6.6- Perte de charge singulière :

La perte de charge singulière est provoquée par la modification du contour de la veine fluide (rétrécissement, élargissement, coudes....etc.)

Elle est donnée par la relation suivante [Ref 4]:

$$\Delta P = K \times \frac{G^2}{2\rho} \dots\dots\dots (2.11)$$

G : Vitesse massique

À titre d'exemple nous donnons quelques expression donnant la valeur de la constante k des singularités les plus courantes

Pour calculer le coefficient de perte de charge singulière (k) on utilise les formules suivantes :

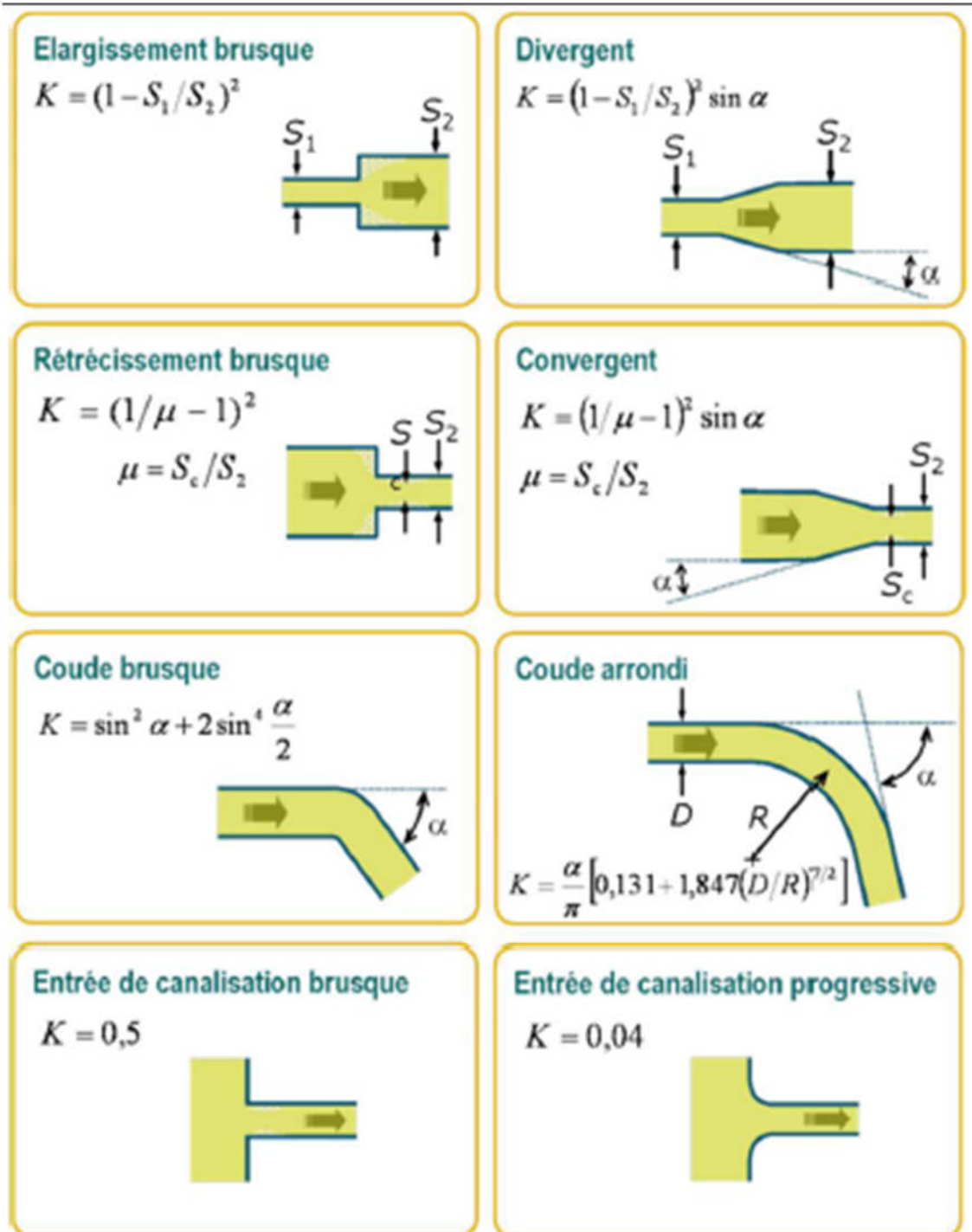


Figure II.2 : Relations pour des différents cas de coefficients de pertes de charges

[Ref 7, Ref 8 et Ref 9]

La figure (II.1) et (II.2). Est tiré [Ref 7, Ref 8 et Ref 9].

Chapitre III

III.1.1- Introduction

Dans ce chapitre nous présentons l'étude hydraulique du circuit gas-oil. Tous les centres de stockage et de distribution (CDS) de NAFTAL, présents sur le territoire national sont quasiment identiques. Pour cette raison, le (CDS) de Oued Aissi a été pris comme modèle et exemple dans notre étude. Pour cela, des visites sur le site ont été effectuées afin de collecter toutes les informations et données nécessaires au calcul du dimensionnement du réseau gasoil. Le réseau en question est doté d'un circuit de **chargement** et d'un autre de **déchargement**.

Nous allons présenter dans ce chapitre les deux circuits chargement et déchargement en deux parties distinctes:

Le circuit chargement comme son nom l'indique sert à charger les camions en carburant pompé des bacs de stockage.

Le circuit de déchargement sert à décharger le carburant des wagons ou des camions pour le stocker dans des bacs ou réservoirs à toit fixe ou flottant.

Première partie :

Circuit chargement

- Une vanne à opercule

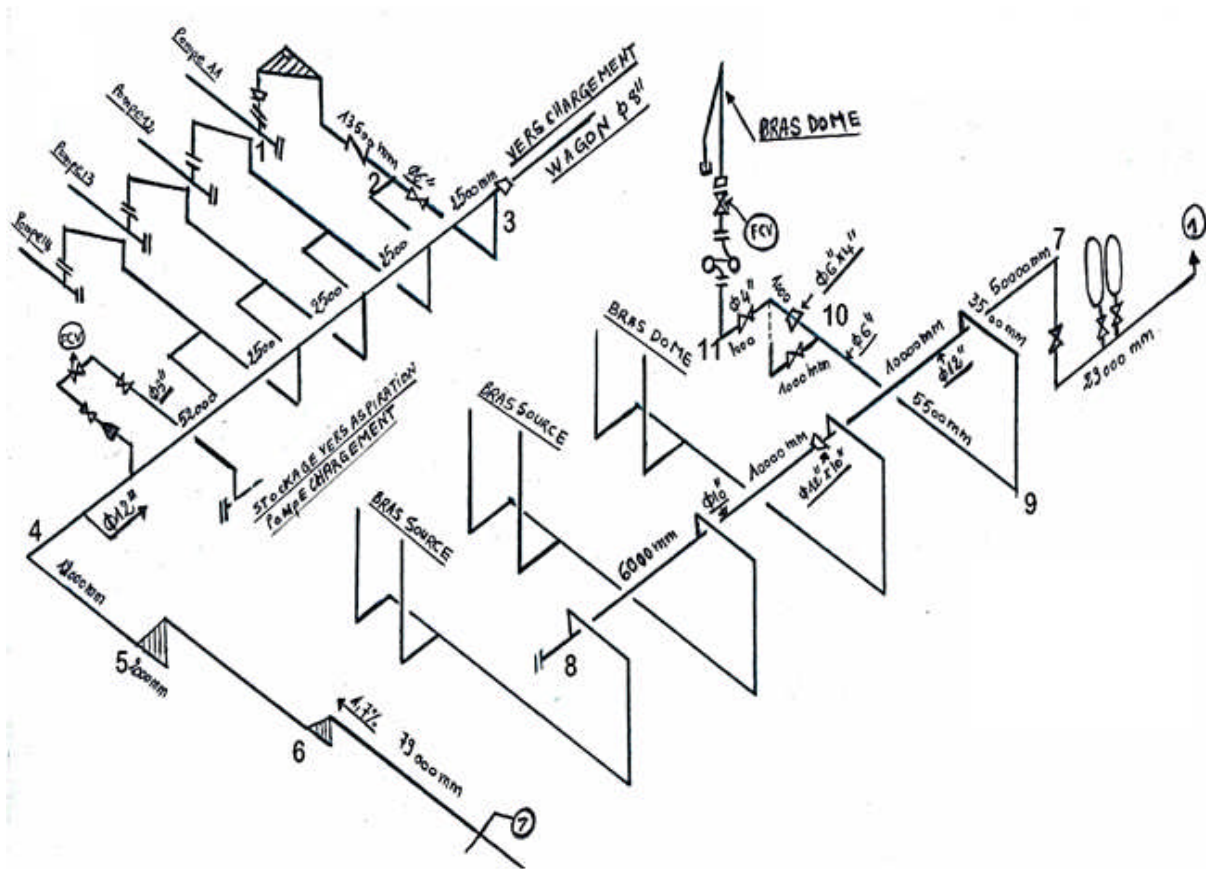


Figure III.2 : Circuit refoulement pour le cas du chargement gasoil [Ref 1 et Ref 6].

Les tronçons droits ont pour dimensions les caractéristiques suivantes :

Tableau III.1 : Dimensions des tronçons droits du circuit aspiration pour le chargement gasoil.

Composant	Diamètre (pouce)	Longueur (m)	L/D	Section (m ²)
Tronçon droit [1-2]	0.3556 (14'')	16	44.99	0.099
Tronçon droit [2-3]	0.3556 (14'')	41	115.29	0.099
Tronçon droit [3-4]	0.3556 (14'')	0.8	2.24	0.099
Tronçon droit [4-5]	0.3556 (14'')	2	5.62	0.099
Tronçon droit [5-6]	0.3556 (14'')	69	194.03	0.099
Tronçon droit [6-7]	0.3556 (14'')	7.5	21.09	0.099
Tronçon droit [7-8]	0.3556 (14'')	12	33.74	0.099
Tronçon droit [8-9]	0.3556 (14'')	12	33.74	0.099
Tronçon droit [9-10]	0.3556 (14'')	23.5	64.67	0.099
Tronçon droit [10-11]	0.2032 (8'')	11	54.13	0.032

III.1.3- description du circuit refoulement :

Le gasoil est refoulé vers le poste de chargement par le biais des pompes (P11, P12, P13 et P14). Là également pour le calcul hydraulique, le circuit le plus long a été considéré. Ce dernier est numéroté sur la figure III.2 et va de la sortie de la pompe jusqu'au poste de chargement constitué de bras dôme et de bras source.

Le circuit refoulement contient 17 singularités suivantes :

- Une branche d'alimentation du circuit (rétrécissement brusque)
- Vanne à passage direct
- Un réducteur 14''×12''
- 4 Coudes 45°
- 6 Coudes 90°
- 2 Vanne
- 1 Convergent 12''×6''
- 1 Convergent 6''×4''

Les tronçons droits ont pour dimensions les caractéristiques suivantes :

Tableau III.2 : Dimensions des tronçons droits du circuit refoulement pour le chargement gasoil.

Composant	Diamètre (m)	Longueur (m)	L/D	Section (m ²)
Tronçon droit [1-3]	0.1524 (6'')	13.5	88.58	0.1196
Tronçon droit [3-4]	0.3048 (12'')	62	203.41	0.2392
Tronçon droit [4-5]	0.3048 (12'')	12	39.37	0.2392
Tronçon droit [5-6]	0.3048 (12'')	2	6.56	0.2392
Tronçon droit [6-7]	0.3048 (12'')	29	95.14	0.2392
Tronçon droit [7-8]	0.3048 (12'')	76	249.34	0.2392
Tronçon droit [8-9]	0.1524 (6'')	3.5	22.96	0.1196
Tronçon droit [9-10]	0.1524 (6'')	5.5	36.08	0.1196
Tronçon droit [10-11]	0.1016 (4'')	2	19.68	0.0797

III.1.4- Données de calcul

- Débits volumiques : Q_v
 - o 1 Pompe mise en service : 150 m³/h
 - o 2 Pompes mise en service : 300 m³/h
 - o 3 Pompes mis en service : 450 m³/h
 - o 4 Pompes mis en service : 600 m³/h
- Température moyenne : $T= 40\text{ C}^\circ$
- Masse volumique de gasoil : $\rho =835\text{ kg /m}^3$
- Débits massiques:
 - $Q_m = Q_v \times \rho$
 - 1 Pompe : 125250 kg/h
 - 2 Pompes : 250500 kg/h
 - 3 Pompes : 375750 kg/h
 - 4 Pompes : 501000 kg/h
- G étant la vitesse massique $G = \frac{Q_m}{A}$
- Rugosité absolue des pipes $\varepsilon = 0,045$ [Ref 9]
- Viscosité dynamique ($\mu = 9.5 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$) [Ref 1]

Sa viscosité dynamique (μ) (1 cst = $10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$) pour une température (t en °C) donnée.

III.1.5- Pertes de charge linéaire :

Les coefficients de perte de charge linéaire des différents tronçons donnés dans le tableau III.3 pour les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody sont résumés ci-après :

Tableau III.3 : Représente les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody.

	Diamètre hydraulique (m)	Nombre de pompes	G (kg/m ² .s)	Re	Facteur λ
Aspiration	0.3556 (14'')	1	345.75	1.29 E+7	0.013
		2	702.82	2.59 E+7	0.013
		3	1431.57	3.93 E+7	0.013
		4	1908.21	7.769 E+6	0.014

	0.2032 (8'')	1	1056	4.52 E+7	0.015
		2	2147.58	4.57 E+7	0.014
		3	3221.45	4.58 E+7	0.014
		4	4295.24	9.18 E+6	0.013
Refoulement	0.1524 (6'')	1	1932.83	3.05 E+7	0.014
		2	3823.24	6.02 E+7	0.014
		3	5734.89	4.59 E+7	0.014
		4	7646.48	1.22 E+8	0.014
	0.3048 (12'')	1	483.208	1.53 E+7	0.012
		2	954.50	3.05 E+7	0.012
		3	1431.75	9.18 E+7	00.12
		4	1908.99	6.12 E+7	0.012
	0.1016 (4'')	1	4348.87	4.59 E+7	0.016
		2	3823.24	6.02 E+7	0.016
		3	13046.8	1.37 E+8	0.016
		4	17180.2	1.83 E+8	0.016

III.1.6- Perte de charge singulière :

a)- Circuit aspiration

1) Bouche d'alimentation du circuit :

C'est un cas particulier d'un rétrécissement brusque. C'est un départ d'une conduite à partir d'un grand réservoir. $K = 0.5$ [Ref 6]

2) Réducteur : a pour but de modifier le rapport de vitesse ou/et le couple entre l'axe d'entrée et l'axe de sortie d'un mécanisme.

$K = 0.071$ [Ref 6]

3) Coude 45°

Le coefficient de perte de charge singulière pour le cas du coude est calculé à l'aide de la relation donnée dans la figure II.3 du chapitre II, est reprise ci-après :

$$K = \frac{\alpha}{\pi} \left[0.131 + 1.847 \times \left(\frac{D}{R} \right)^{\frac{7}{2}} \right] \quad [\text{Ref 7, Ref 8 et Ref 9}] \dots\dots\dots (\text{III.1})$$

K=0.084

4) Coude 90°

Pour les angles de courbure de 90°, la relation précédente est également valable.

K= 0.654

5) Vanne totalement ouverte

Les vannes utilisées sont de type opercules motorisées de marque ALMA. Le constructeur fournit dans sa documentation des longueurs équivalentes. Les longueurs équivalentes ainsi données sont rapportées dans l'annexe A. Le coefficient de perte de charge singulière est calculé comme suit :

$$K = \frac{\lambda L_{eq}}{D} \quad [\text{Ref.4}] \dots\dots\dots (\text{III.2})$$

La vanne a été installée dans le tronçon de 14''. La longueur équivalente fournie est de 0.55 m lorsqu'elle est totalement ouverte. De la relation précédente, on trouve K = 0.022.

b)- Circuit refoulement

1) Vanne à passage directe K= 0.022

2) Coude 45° K= 0.084

3) Coude 90° K= 0.654

Convergent $K = \left(\frac{1}{\mu^{-1}} \right)^2 \sin \alpha$ avec $\mu = \frac{S_c}{S_2}$ K= 0.022

(fig.II.2 : [Ref 7, Ref 8 et Ref 9])

4) Vanne K= 0.018

III.1.7- Résultats**A/ Circuit aspiration**

Pour une seule pompe en service correspondant à un débit de 150 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.4) :

Tableau III.4 : Pertes de charges aspiration (150 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq. (II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Bouche d'alimentation	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.5	71.58	35.79	35.79
Réducteur 14"×12"	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.071	71.58	5.08	40,87
Coude 45°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.084	71.58	6.012	46,882
Tronçon droit [1-2]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	44.99	-	71.58	41.86	88,742
Coude 45°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	6.012	94,754
Tronçon droit [2-3]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	115.29	-	71.58	107.28	202,034
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	46.813	248,847
Tronçon droit [3-4]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	2.24	0.310	71.58	2.084	250,931
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	-	71.58	46.813	297,744
Vanne	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	22.189	319,933
Tronçon droit [4-5]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	5.62		71.58	5.229	325,162
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	46.813	371,975
Tronçon droit [5-6]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	194.03	-	71.58	180.56	552,535
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.084	71.58	46.813	599,348
Tronçon droit [6-7]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	21.09	-	71.58	19.626	618,974
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.084	71.58	46.813	665,787
Tronçon droit [7-8]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	33.745	-	71.58	31.401	697,188
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	46.813	744,001
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	46.813	790,814
Tronçon droit [8-9]	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	33.745	-	71.58	31.40	822,214
Coude 90°	345.75	1.295×10 ⁷	0.013	-	0.654	71.58	46.813	869,027

Tronçon droit [9-10]	345.75	1.295×10^7	0.013	66.085	-	71.58	61.49	930,517
Réducteur 12"×8"	1056	4.52×10^6	0.015	-	0.02	667.74	13.354	943,871
Coude 90°	1056	4.52×10^6	0.015	-	0.169	667.74	112.84	1056,711
Vanne	1056	4.52×10^6	0.015	-	0.022	667.74	14.69	1071,401
Tronçon droit [10-11]	1056	4.52×10^6	0.015	54.133	-	667.74	542.20	1613,60

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de $150 \text{ m}^3/\text{h}$, est égale à **1613 Pa**.

Pour (2) pompes en service correspondant à un débit de $300 \text{ m}^3/\text{h}$, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.5)

Tableau III.5 : Pertes de charges aspiration ($300 \text{ m}^3/\text{h}$)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Bouche d'alimentation	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.5	295.09	147.54	147.54
Réducteur 14"×12"	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.671	295.09	20.95	168,49
Coude 45°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.084	295.09	24.78	193,27
Tronçon droit [1-2]	702.828	2.59×10^7	0.013	44.99	-	295.09	172.59	365,86
Coude 45°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.084	295.09	24.78	390,64
Tronçon droit [2-3]	702.828	2.59×10^7	0.013	115.29	-	295.09	442.29	832,93
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	1025,92
Tronçon droit [3-4]	702.828	2.59×10^7	0.013	2.24	-	295.09	8.59	1034,51
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	1227,5
Vanne	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.310	295.09	91.47	1318,97
Tronçon droit [4-5]	702.828	2.59×10^7	0.013	5.62	-	295.09	21.55	1340,52
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	1533,51
Tronçon droit [5-6]	702.828	2.59×10^7	0.013	194.08	-	295.09	744.36	2277,87
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	2470,86
Tronçon droit [6-7]	702.828	2.59×10^7	0.013	21.09	-	295.09	80.90	2551,76
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	2744,75

Tronçon droit [7-8]	702.828	2.59×10^7	0.013	33.74	-	295.09	129.47	2874,22
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	3067,21
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.99	3260,2
Tronçon droit [8-9]	702.828	2.59×10^7	0.013	33.74	-	295.09	129.45	3389,65
Coude 90°	702.828	2.59×10^7	0.013	-	0.654	295.09	192.988	3582,638
Tronçon droit [9-10]	702.828	2.59×10^7	0.013	66.08	-	295.09	253.51	3836,148
Réducteur 12''x8''	2147.58	4.57×10^7	0.014	-	0.02	2760.24	55.204	3891,352
Coude 90°	2147.58	4.57×10^7	0.014	-	1.69	2760.24	4664.80	8556,152
Vanne	2147.58	4.57×10^7	0.014	-	0.022	2760.24	60.725	8616,877
Tronçon droit [10-11]	2147.58	4.57×10^7	0.014	54.133	-	2760.24	2091.88	10708,75

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de 300 m³/h est égale à **10708 Pa**.

Pour trois pompes en service correspondant à un débit de 450 m³/h, les pertes de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.6)

Tableau III.6 : Pertes de charges aspiration (450 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Bouche d'alimentation	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.5	1227.49	638.74	638.74
Réducteur 14''x12''	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.071	1227.49	87.15	725,89
Coude 45°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.084	1227.49	103.10	828,99
Tronçon droit [1-2]	1431.57	3.93×10^7	0.013	44.99	-	1227.49	717.92	1546,91
Coude 45°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.084	1227.49	103.10	1650,01
Tronçon droit [2-3]	1431.57	3.93×10^7	0.013	115.29	-	1227.49	1839.72	3489,73
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	4292,5
Tronçon droit [3-4]	1431.57	3.93×10^7	0.013	2.24	-	1227.49	35.74	4328,24
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	5131,01
Vanne	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.310	1227.49	380.52	5511,53
Tronçon droit [4-5]	1431.57	3.93×10^7	0.013	5.62	-	1227.49	89.68	5601,21

Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	6403,98
Tronçon droit [5-6]	1431.57	3.93×10^7	0.013	194.03	-	1227.49	3096.33	9500,31
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	10303,08
Tronçon droit [6-7]	1431.57	3.93×10^7	0.013	21.09		1227.49	336.55	10639,63
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	11442,4
Tronçon droit [7-8]	1431.57	3.93×10^7	0.013	33.74	-	1227.49	538.40	11980,8
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	12783,57
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	13586,34
Tronçon droit [8-9]	1431.57	3.93×10^7	0.013	33.74	-	1227.49	538.48	14124,82
Coude 90°	1431.57	3.93×10^7	0.013	-	0.654	1227.49	802.77	14927,59
Tronçon droit [9-10]	1431.57	3.93×10^7	0.013	66.085	-	1227.49	1054.51	15982,1
Réducteur 12''x8''	3221.45	4.589×10^7	0.014	-	0.02	6214.21	124.284	16106,384
Coude 90°	3221.45	4.589×10^7	0.014	-	0.654	6214.21	10502.01	26608,394
Vanne	3221.45	4.589×10^7	0.014	-	0.022	6214.21	136.712	26745,106
Tronçon droit [10-11]	3221.45	4.589×10^7	0.014	54.133	-	6214.21	4709.513	31454,61

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de $450 \text{ m}^3/\text{h}$, est égale à **31454 Pa**.

Pour quarts pompes en service correspondant à un débit de $600 \text{ m}^3/\text{h}$, les pertes de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.7)

Tableau III.7 : Pertes de charges aspiration ($600 \text{ m}^3/\text{h}$)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Bouche d'alimentation	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.5	2181.99	1090.98	1090.98
Réducteur 14''x12''	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.071	2181.99	154.92	1245,9
Coude 45°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.084	2181.99	183.28	1429,18
Tronçon droit [1-2]	1908.91	7.76×10^6	0.014	44.99	-	2181.99	1374.35	2803,53
Coude 45°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.084	2181.99	183.35	2986,88
Tronçon droit [2-3]	1908.91	7.76×10^6	0.014	$\frac{115.2}{9}$	-	2181.99	3521.87	6508,75

Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	1427.02	7935,77
Tronçon droit [3-4]	1908.91	7.76×10^6	0.014	2.24	0.310	2181.99	1515.17	9450,94
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	1427.02	10877,96
Vanne	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.310	2181.99	676.41	11554,37
Tronçon droit [4-5]	1908.91	7.76×10^6	0.014	5.62	-	2181.99	171.67	11726,04
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	1396	13122,04
Tronçon droit [5-6]	1908.91	7.76×10^6	0.014	194.1	-	2181.99	47	13169,04
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	5927.46	19096,5
Tronçon droit [6-7]	1908.91	7.76×10^6	0.014	21.09	-	2181.99	1427.02	20523,52
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	664.28	21187,8
Tronçon droit [7-8]	1908.91	7.76×10^6	0.014	33.74	-	2181.99	1427.02	22614,82
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	1033.52	23648,34
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	1427.02	25075,36
Tronçon droit [8-9]	1908.91	7.76×10^6	0.014	33.74	-	2181.99	1427.02	26502,38
Coude 90°	1908.91	7.76×10^6	0.014	-	0.654	2181.99	1030.84	27533,22
Tronçon droit [9-10]	1908.91	7.76×10^6	0.014	66.08	-	2181.99	2018.74	29551,96
Réducteur 12''x8''	4295.24	9.18×10^6	0.013	-	0.02	11047.35	220.94	29772,9
Coude 90°	4295.24	9.18×10^6	0.013	-	0.654	11047.35	18670.03	48442,93
Vanne	4295.24	9.18×10^6	0.013	-	0.022	11047.35	243.04	48685,97
Tronçon droit [10-11]	4295.24	9.18×10^6	0.013	54.13	-	11047.35	7747.34	56433,31

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de 600 m³/h, est égale à **56433 Pa**.

B/ Circuit refoulement:

Pour une seule pompe en service correspondant à un débit de 150 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.8)

Tableau III.8 : Pertes de charges refoulement (150 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq. (II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Vanne à passage direct	1932.83	3.054×10^7	0.014	-	0.022	2237.03	49.214	49.214
Tronçon droit [1-2]	1932.83	3.054×10^7	0.014	16.40	-	2237.03	513.62	562.83
Coude 45°	1932.83	3.054×10^7	0.014	-	0.084	2237.03	187.91	750.74
Coude 45°	1932.83	3.054×10^7	0.014	-	0.084	2237.03	187.91	938.65
Tronçon droit [2-3]	1932.83	3.054×10^7	0.014	9.8	/	2237.03	306.92	1245.57
Coude 90°	1932.83	1.53×10^7	0.014	-	0.654	2237.03	1463.01	2708.58
Tronçon droit [3-4]	483.208	1.53×10^7	0.012	8.20	-	139.81	14.33	2722.91
Coude 90°	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.654	139.81	91.43	2814.34
Tronçon droit [4-5]	483.208	1.53×10^7	0.012	39.37	-	139.81	68.80	2883.15
Coude 45°	483.208	1.53×10^7	0.012	/	0.084	139.81	11.74	2894.89
Tronçon droit [5-6]	483.208	1.53×10^7	0.012	6.561	-	139.81	11.46	2906.36
Coude 45°	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.084	139.81	11.74	2918.10
Tronçon droit [6-7]	483.208	1.53×10^7	0.012	354.33	-	139.81	619.25	3537.35
Coude 90°	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.654	139.81	91.43	3628.78
Vanne	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.018	139.81	2.51	3631.30
Coude 90°	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.654	139.81	91.43	3814.17
Tronçon droit [7-8]	483.208	1.53×10^7	0.012	11.48	-	139.81	20.06	3834.24
Coude 90°	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.654	139.81	91.43	3925.68
Tronçon droit [8-9]	483.208	1.53×10^7	0.012	11.48	-	139.81	20.06	3945.74
Coude 90°	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.654	139.81	91.43	4037.18
convergent 12"×6"	483.208	1.53×10^7	0.012	-	0.022	139.81	3.07	4040.25
Tronçon droit [9-10]	1932.83	3.054×10^7	0.014	36.08	-	22037.03	1130.25	5170.50
convergent 6"×4"	4348.87	4.59×10^7	0.016	-	0.018	11324.95	203.84	5374.34
Tronçon droit [10-11]	4348.87	4.59×10^7	0.016	9.842	-	11324.95	1783.36	7157.71
Vanne	4348.87	4.59×10^7	0.016	-	0.151	11324.95	1715.72	8873.44

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de 150 m³/h, est égale à **8873 Pa**.

Pour deux pompes en service correspondant à un débit de 300 m³/h, la perte de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.9)

Tableau III.9 : Pertes de charges refoulement (300 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Vanne à passage direct	3823.24	6.02×10^7	0.014	-	0.022	8752.80	192.56	192.56
Tronçon droit [1-2]	3823.24	6.02×10^7	0.014	16.40	-	8752.80	2009.64	2202.2
Coude 45°	3823.24	6.02×10^7	0.014	-	0.084	8752.80	735.23	2937.43
Coude 45°	3823.24	6.02×10^7	0.014	-	0.084	8752.80	735.23	3672.66
Tronçon droit [2-3]	3823.24	6.02×10^7	0.014	9.8	-	8752.80	1200.88	4873.54
Coude 90°	3823.24	6.02×10^7	0.014	-	0.654	8752.80	1200.88	6074.42
Tronçon droit [3-4]	954.503	3.05×10^7	0.012	8.20	-	545.55	55.91	6130.33
Coude 90°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.654	545.55	356.78	6487.11
Tronçon droit [4-5]	954.503	3.05×10^7	0.012	39.37	-	545.55	268.47	6755.58
Coude 45°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.084	545.55	5.826	6761.40
Tronçon droit [5-6]	954.503	3.05×10^7	0.012	6.56	-	545.55	44.74	6806.14
Coude 45°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.084	545.55	45.82	6851.96
Tronçon droit [6-7]	954.503	3.05×10^7	0.012	354.33	-	545.55	2416.30	9268.26
Coude 90°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.654	545.55	356.78	9625.04
Vanne	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.018	545.55	9.81	9634.85
Coude 90°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.654	545.55	356.78	9991.63
Tronçon droit [7-8]	954.503	3.05×10^7	0.012	11.48	-	545.55	78.30	10069.93
Coude 90°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.654	545.55	356.78	10426.71
Tronçon droit [8-9]	954.503	3.05×10^7	0.012	11.48	-	545.55	78.30	10505.01
Coude 90°	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.654	545.55	356.78	10861.79
convergent 12"×6"	954.503	3.05×10^7	0.012	-	0.022	545.55	12.00	10873.79
Tronçon droit [9-10]	3823.24	6.02×10^7	0.014	36.08	-	8752.79	4422.31	15296.09
Convergent 6"×4"	3890.53	9.18×10^7	0.016	-	0.018	44189.99	795.41	16091.50
Tronçon droit [10-11]	8590.53	9.18×10^7	0.016	9.84	-	44189.99	6958.68	23050.10
Vanne	8590.53	9.18×10^7	0.016	-	0.151	44189.99	6694.78	29744.80

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de 300 m³/h, est égale à **29744 Pa.**

Pour trois pompes en service correspondant à un débit de 450 m³/h, les pertes de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.10)

Tableau III.10 : Pertes de charges au refoulement (450 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP _i [Pa] Eq.(II.10)	∑ ΔP _i [Pa]
Vanne à passage direct	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	-	0.022	19693.99	433.26	433.26
Tronçon droit [1-2]	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	16.40	-	19693.99	4521.74	4995.00
Coude 45°	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	-	0.084	19693.99	1654.29	6649.30
Coude 45°	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	-	0.084	19693.99	1659.29	8303.59
Tronçon droit [2-3]	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	9.8	-	19693.99	2702.01	11005.60
Coude 90°	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	-	0.654	19693.99	12879.86	23885.47
Tronçon droit [3-4]	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	8.20	-	1227.49	125.81	24011.28
Coude 90°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.654	1227.49	802.78	24814.06
Tronçon droit [4-5]	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	39.37	-	1227.49	48326.63	73140.69
Coude 45°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.084	1227.49	103.109	73243.80
Tronçon droit [5-6]	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	6.56	-	1227.49	100.670	73344.47
Coude 45°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.084	1227.49	103.10	73447.58
Tronçon droit [6-7]	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	354.3 3	-	1227.49	5436.74	78884.33
Coude 90°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.654	1227.49	802.78	79687.11
Vanne	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.018	1227.49	22.09	79709.21
Coude 90°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.654	1227.49	802.78	80511.99
Tronçon droit [7-8]	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	11.48	-	1227.49	176.17	80688.17
Coude 90°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.654	1227.49	802.78	81490.95
Tronçon droit [8-9]	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	11.48	-	1227.49	176.17	81667.13
Coude 90°	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	0.654	1227.49	802.78	82469.91
Convergent 12''×6''	1431.75	4.59×10 ⁷	0.012	-	-	1227.49	27.00	82496.91
Tronçon droit [9-10]	5734.89	9.18×10 ⁷	0.014	36.08	-	19693.99	9950.030	92447.22
convergent 6''×4'' 7	13046.8 7	1.37×10 ⁸	0.016	-	0.018	101928.71	1834.71	94281.94

Tronçon droit [10-11]	13046.8 7	1.37×10^8	0.016	9.842	-	101928.71	16050.91	110332.85
Vanne	13046.8 7	1.37×10^8	0.016	-	0.154	101928.71	15747.98	126045.46

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de $450 \text{ m}^3/\text{h}$, est égale à **126045 Pa**.

Pour quatre pompes en service correspondant à un débit de $600 \text{ m}^3/\text{h}$, les pertes de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.11)

Tableau III.11 : Pertes de charges refoulement ($600 \text{ m}^3/\text{h}$)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Vanne à passage direct	7646.48	1.22×10^8	0.014	-	0.022	35011.19	770.24	770.24
Tronçon droit [1-2]	7646.48	1.22×10^8	0.014	16.4 0	-	35011.19	8038.57	8808.81
Coude 45°	7646.48	1.22×10^8	0.014	-	0.084	35011.19	2940.94	11749.75
Coude 45°	7646.48	1.22×10^8	0.014	-	0.084	35011.19	2940.94	14690.69
Tronçon droit [2-3]	7646.48	1.22×10^8	0.014	9.8	-	35011.19	4803.53	19494.23
Coude 90°	7646.48	1.22×10^8	0.014	-	0.654	35011.19	22897.32	42391.55
Tronçon droit [3-4]	1908.99	6.12×10^7	0.012	8.20	-	2182.20	223.67	42615.22
Coude 90°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.654	2182.20	1427.15	44042.37
Tronçon droit [4-5]	1908.99	6.12×10^7	0.012	39.3 7	-	2182.20	1073.91	45116.28
Coude 45°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.084	2182.20	183.30	45299.58
Tronçon droit [5-6]	1908.99	6.12×10^7	0.012	6.56	-	2182.20	178.96	45478.54
Coude 45°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.084	2182.20	183.30	45661.84
Tronçon droit [6-7]	1908.99	6.12×10^7	0.012	354. 33	-	2182.20	9665.24	55327.08
Coude 90°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.654	2182.20	1427.15	56754.23
Vanne	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.018	2182.20	39.27	56793.50
Coude 90°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.654	2182.20	1427.15	58220.65
Tronçon droit [7-8]	1908.99	6.12×10^7	0.012	11.4 8	-	2182.20	313.20	58533.85
Coude 90°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.654	2182.20	1427.15	59961.00
Tronçon droit [8-9]	1908.99	6.12×10^7	0.012	11.4 8	-	2182.20	313.20	60274.20
Coude 90°	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.654	2182.20	1427.15	61701.36

Convergen t 12''×6''	1908.99	6.12×10^7	0.012	-	0.022	2182.20	48.00	61749.37
Tronçon droit [9- 10]	7646.48	1.22×10^8	0.014	36.0 8	-	35011.19	17689.26	79438.63
convergent 6''×4''	17180.2 4	1.83×10^8	0.016	-	0.018	176743.04	3181.37	82620.00
Tronçon droit [10- 11]	17180.2 4	1.83×10^8	0.016	9.84	-	176743.04	27832.08	110452.08
Vanne	17180.2 4	1.83×10^8	0.016	-	0.151	176743.04	26776.56	137228.61

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de $600 \text{ m}^3/\text{h}$, est égale à **137228 Pa**.

III.1.8- Tableau récapitulatif

Dans le tableau III.12 ci-après nous récapitulons les résultats obtenus pour les quatre débits différents afin de tenir compte des incertitudes, on a multiplié la perte de charge obtenue par un coefficient de sécurité (1,2) les valeurs ainsi obtenues sont également présentées dans le (Tableau III.12)

Il est indispensable que le NPSH disponible dans le système hydraulique soit plus élevé que le NPSH requis par la pompe. Généralement on prend une marge de sécurité supplémentaire de 20% qui égale à (1,2) [Ref 2].

Tableau III.12 : Récapitulatif de pertes de charges pour différents débits.

Débit	Aspiration		Refoulement		
	ΔP calculée	ΔP majorée (20%)	ΔP calculée	ΔP majorée (20%)	ΔH
0	0	0	0	0	0
150	1613.60	1936.32	8837.44	10648.12	1.30
300	10708.75	12850.5	29744.80	35693.76	4.36
450	31454.61	37745.53	126045.46	151296.99	18.5
600	56433.31	67719.98	137228.61	164674.33	20.10

III.1.9- Calcul de la pression d'admission

La figure (III.3) ci-dessous représente un schéma explicatif pour l'application du théorème de Bernoulli pour les différents points.

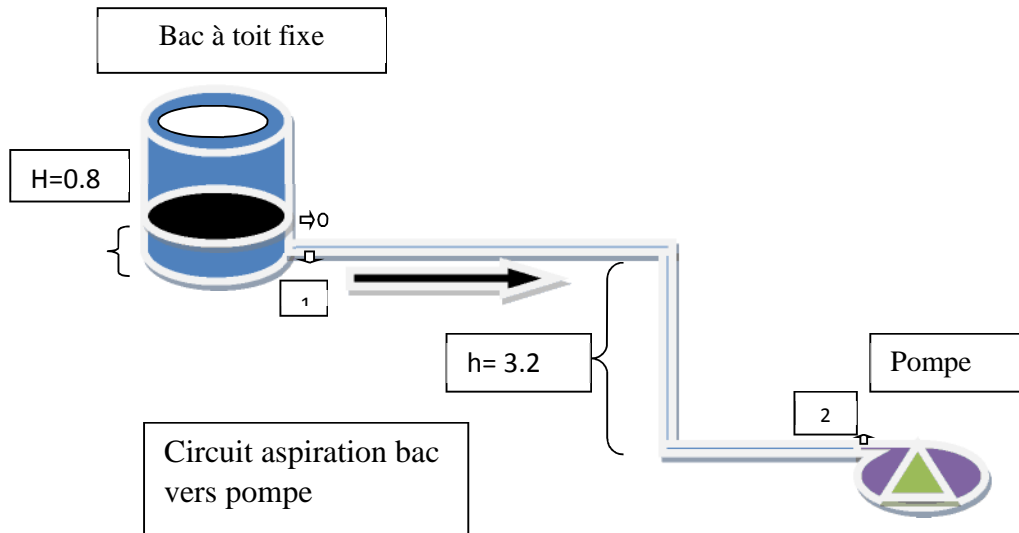


Figure III.3 : Représentation schématique du circuit aspiration

Le calcul de la perte de charge dans le circuit aspiration est utilisé pour calculer la pression à l'aspiration et cela se fait en appliquant le théorème de Bernoulli. Le théorème de Bernoulli entre les points 0 et 1 donne :

$$P_0 + \rho g z_0 + \frac{1}{2} \rho V_0^2 = P_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

Avec : $V_0=0$

D'où:

$$P_1 = P_0 + \rho g (z_0 - z_1) - \frac{1}{2} \rho V_1^2 \dots\dots\dots (3.1)$$

Entre les points 1 et 2, on obtient :

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

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

$$P_2 = P_1 + \rho g (z_1 - z_2) + \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) - \Delta P \dots\dots\dots (3.2)$$

En remplaçant l'équation (3.1) dans l'équation (3.2) :

$$P_2 = P_0 + \rho g (z_0 - z_1) - \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g (z_1 - z_2) + \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) - \Delta P$$

Avec : $(z_0 - z_1) = H$ et $(z_1 - z_2) = h$

$$P_2 = P_0 + \rho g (h + H) - \frac{1}{2} \rho V_2^2 - \Delta P \dots\dots\dots (3.3)$$

P_2 : C'est la pression d'aspiration de la pompe.

De l'équation (3.3) on obtient pour les trois débits, les résultats donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.13 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différent débit.

Débit (m^3/h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	P_2 (Pascal)
0	0	0	0
150	1613.60	1936.32	$1,31 \times 10^5$
300	10708.75	12850.5	$1,18 \times 10^5$
450	31154.61	37745.53	$9,15 \times 10^4$

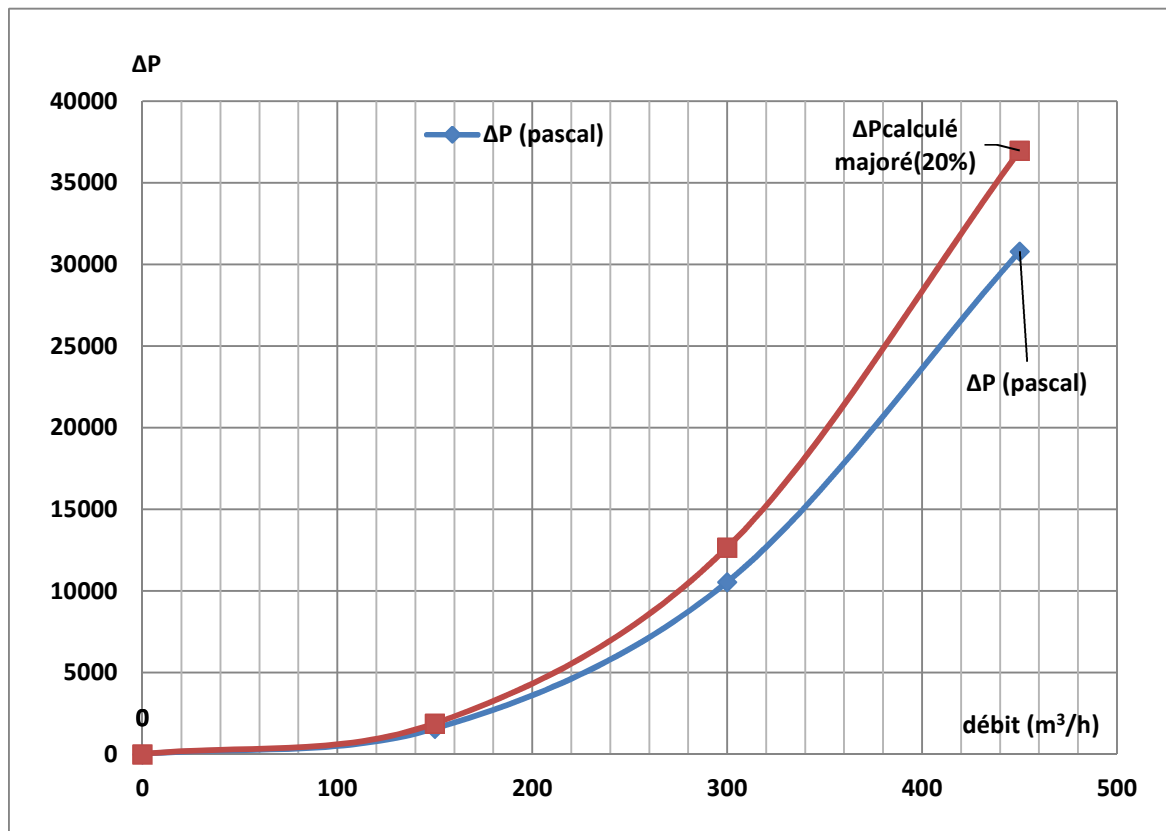


Figure III.4 : Représente perte de charge en fonction de débit

III.1.10- Calcul de la pression de refoulement

Dans ce paragraphe, nous cherchons à exprimer la pression de refoulement juste à la sortie de la pompe nécessaire pour assurer le chargement du carburant. 'Cette pression est calculée au point 0 (voir figure III.5)

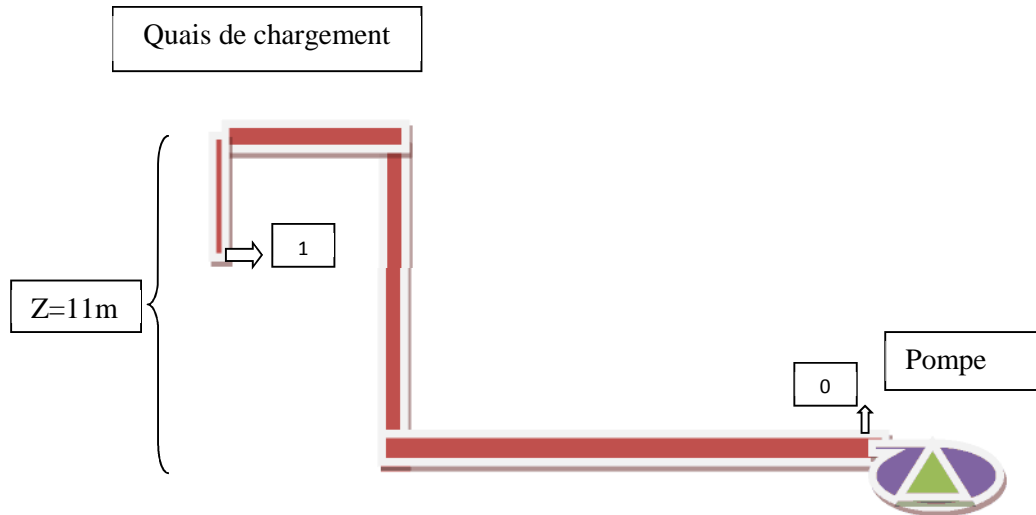


Figure III.5 : Représentation schématique du circuit de refoulement

- Au point (0) c'est la pression de refoulement (P_r) et le point (1) la pression à la sortie (P_s).
 Le théorème de Bernoulli entre les points 0 et 1 donne :

$$P_r + \frac{1}{2} \rho V_r + \rho g z_r = P_s + \frac{1}{2} \rho V_s + \rho g z_s + \Delta P$$

$$P_r = P_s + \frac{1}{2} \rho (V_s^2 - V_r^2) + \rho g Z + \Delta P \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

Avec $(Z_s - Z_r) = Z$

À l'aide de l'équation (3.4) on peut calculer la pression nécessaire à la sortie de la pompe,
 P_r : Pression au refoulement
 P_s : Pression à la sortie de la pompe

Dans ce qui suit pour faire le choix des pompes on a besoin d'exprimer la perte de charge sous forme de hauteur :

$$\Delta H = \Delta P \times \frac{1}{\rho g}$$

Tableau III.14 : Récapitulatif de perte de charge en fonction de débit :

Débit (m ³ /h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	ΔH	H Disponible
0	0	0	0	29
150	8873,44	10648,12	1,29	30,29
300	29744,8	35693,76	4,35	33,35
450	126080,83	151296,99	18,47	47,47

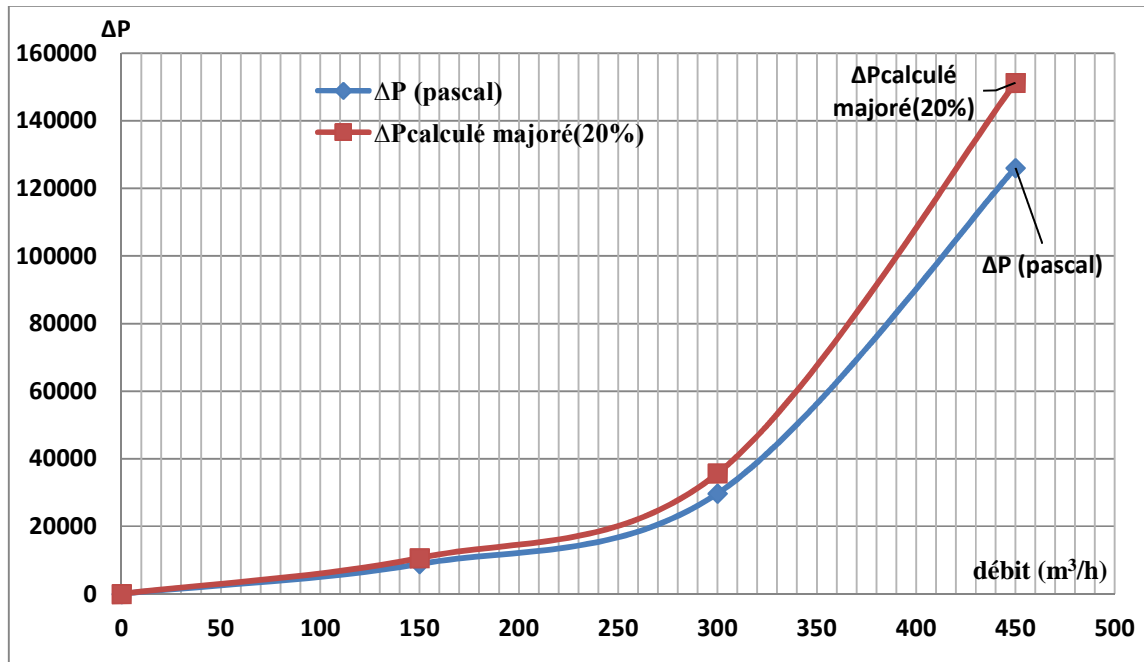


Figure III.6 : Représente perte de charge en fonction de débit

- III.1.11- Choix des pompes

Les pompes à installer sont identiques et placées en parallèles. Cherchons d'abord le point de fonctionnement dans le cas où une seule pompe est en service.

Pour cela on a représenté la caractéristique du circuit (données du tableau III.15) ainsi que la caractéristique de la pompe centrifuge fournie par le constructeur MEN. (Voir annexe B) pour quatre différents diamètres de roue. Les hauteurs manométriques relevées sont résumées dans le tableau (III.15) pour tous les débits distincts (150, 300 et 450 m³/h).

Sur le graphe de la figure III.7, on remarque que le diamètre de la roue répondant au mieux et pouvant assurer le fonctionnement est de diamètres $\Phi = 289$ mm

- Cas d'une seule pompe en service

Tableau III.15 : Courbes caractéristiques des pompes pour différents diamètres et perte de charge en fonction de débits.

Qv (m³/h)	Ø289	Ø306	Ø323	Ø340	H Disponible
0	31	35,5	39	43	29,7
150	29	34	37	41,8	30,29
300	18	25	28	33	33,35
450	-	-	-	-	47,47

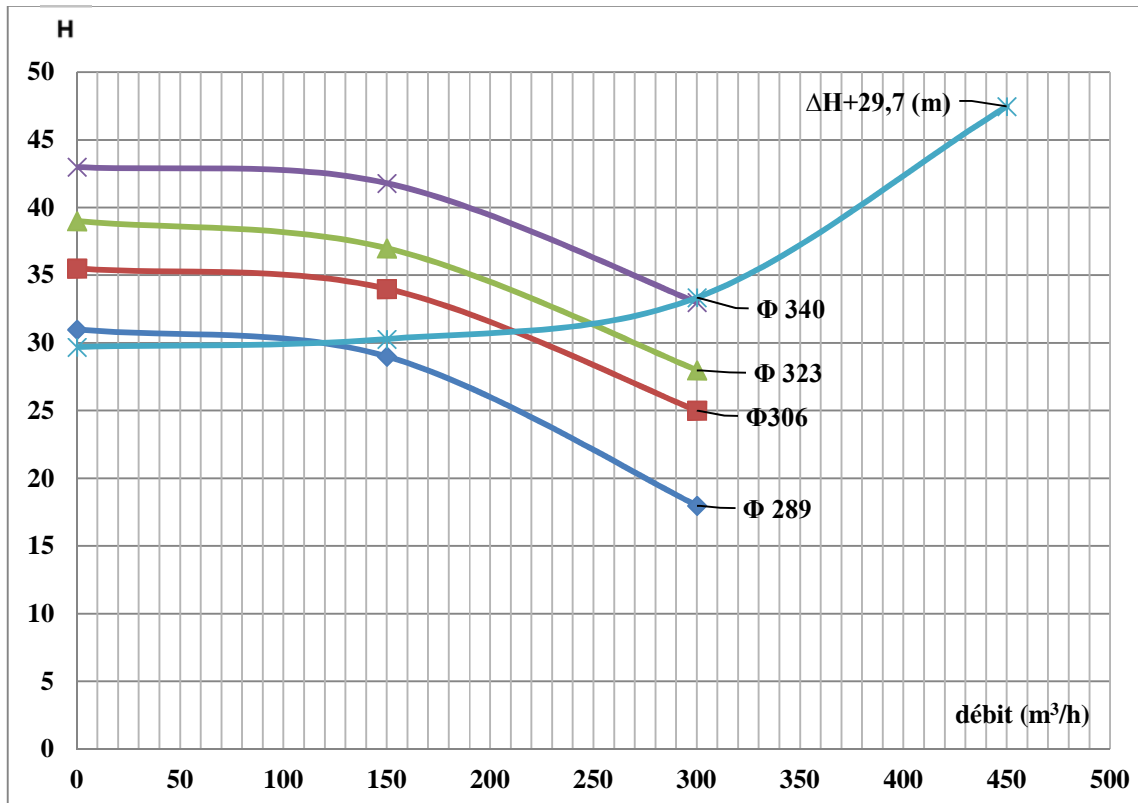


Figure III.7 : Courbe caractéristique des pompes et du circuit gasoil en fonction du débit

Le point d'intersection de la courbe caractéristique du circuit et celle de la pompe a été vérifié qu'il correspond tel et bien au point où le rendement de la pompe est maximale (voir fig. III.8) donnée également dans l'annexe B [Ref 2].

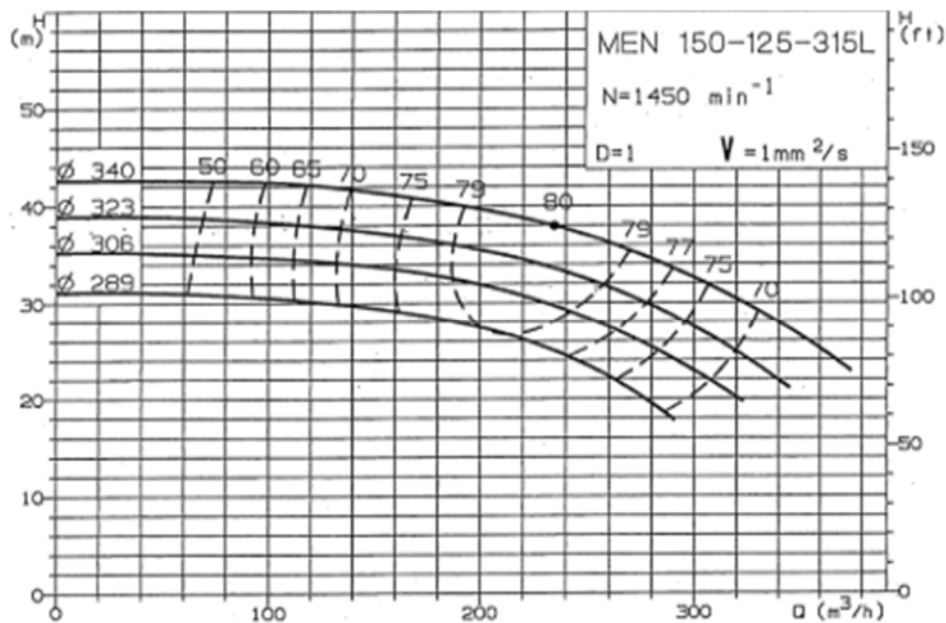


Figure III.8 : Courbe caractéristique des rendements [Ref 2].

- Cas de deux ou plusieurs pompes en service

Comme il a été signalé précédemment les pompes sont identiques et installées en parallèle. Ce qu'implique donc que la hauteur manométrique délivrée par la pompe P11 (voir fig.III.1) sera la même pour les trois autres pompes (P12, P13, P14). En revanche les débits s'ajoutent.

Vérifiant maintenant si avec une telle pompe, on pourra assurer les débits nécessaires à des charges élevée. Les caractéristiques équivalentes en fonction de nombre de pompes en service sont données dans le tableau (III.16) et représentées

	Q (m ³ /h)	Hauteur pompe	H Disponible
1 Pompe	0	31	29,7
	150	29	30,29
	300	18	33,35
2 Pompes	0	31	29,7
	300	21	30,29
	600	18	33,35
3 Pompes	0	31	29,7
	450	29	30,29
	900	18	33,35
4 Pompes	0	31	29,7
	600	29	30,29
	1200	18	33,35

Tableau III.16 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit

La figure (III.8) montre les points de fonctionnement obtenus pour une, deux, trois et quatre pompes en service. Ces points représentent les points d'intersection des courbes caractéristiques du circuit et celles des pompes. Ils ont été choisis et sélectionnés parmi plusieurs courbes caractéristiques de pompe ayant des hauteurs manométriques allant de 20 à 140 m et pour des débits de 10 à 150 m³/h.

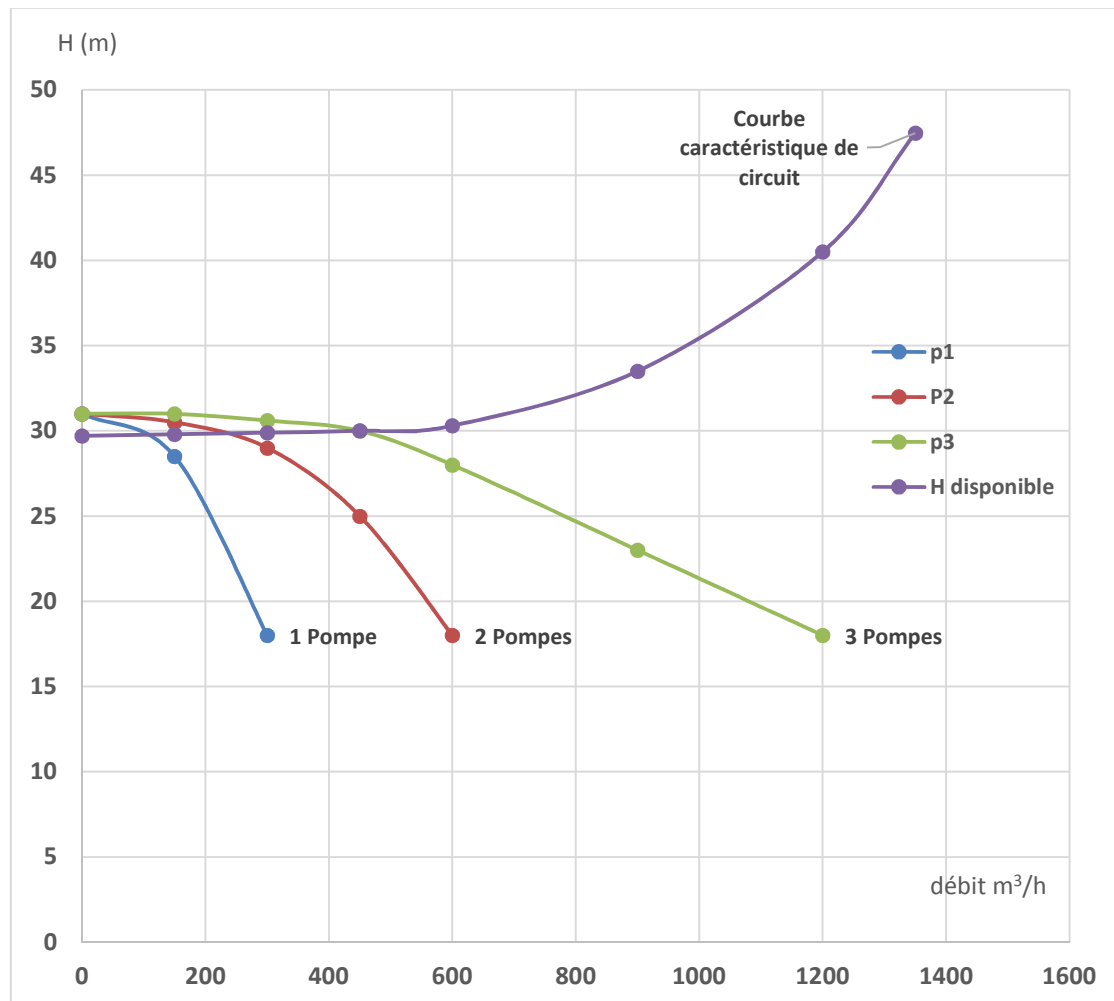


Figure III.9 : Caractéristique équivalentes des pompes placées en parallèle et celle de circuit

Les caractéristiques des pompes choisies pour le circuit chargement sont les suivantes :

- Puissance 26 KW
- Rendement 75 %
- Diamètre de la roue 289 mm
- Vitesse de rotation 1450 tr /mn

Les dimensions se rapportant à l'encombrement du groupe moteur-pompe sont données en détails à l'annexe B [Ref 2].

Une fois l'étude hydraulique du circuit chargement gasoil est achevée, la même procédure a été suivie pour le circuit de déchargement et elle est présentée dans la deuxième partie de ce présent chapitre.

Deuxième partie :

Circuit déchargement

Les figures (III.10) et (III.11) représentent respectivement l'aspiration et le refoulement du circuit gasoil.

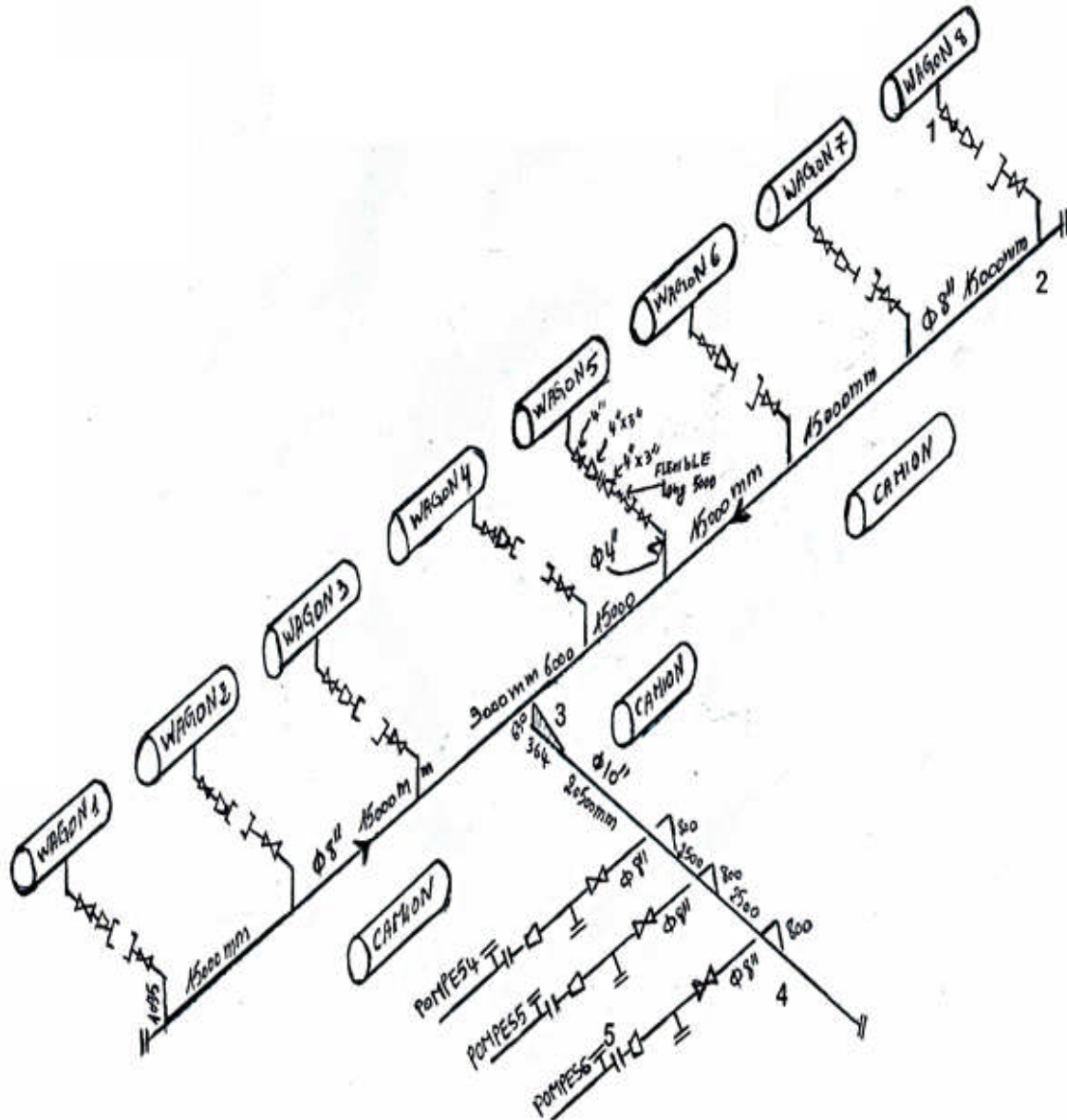


Figure III.10 : Circuit aspiration pour le cas déchargement gasoil wagon vers les pompes [Ref 1 et Ref 6].

La branche considérée contient quatre singularités suivantes :

- Convergent (4''×3'')
- Coude 45°
- Coude 90°
- Vanne
- Les tronçons droits ont pour dimensions les caractéristiques suivantes :

Tableau III.17 : Dimensions des tronçons droits du circuit aspiration pour le déchargement gasoil qui représente dans la (figure III.10)

Composant	Diamètre (pouce)	Longueur (m)	L/D	Section (m ²)
Tronçon droit [1-2]	0.1016 (4'')	1.33	13.10	0.0008
Tronçon droit [2-3]	0.2032 (8'')	65	324.80	0.032
Tronçon droit [3-4]	0.254 (10'')	26	104.30	0.050
Tronçon droit [4-5]	0.2032 (8'')	35	137.7	0.032

III.2.2- Description du circuit refoulement :

Le gasoil est refoulé vers l'un des deux bacs car l'autre est en phase de chargement par le biais des pompes (P4, P5 et P6). Là également pour le calcul hydraulique, le circuit le plus long a été considéré. Ce dernier est numéroté sur la figure (III.11) et va de la sortie de la pompe jusqu'au bac de stockage.

Le circuit refoulement contient 11 singularités suivantes :

- 3 Coude 45°
- 2 Vanne
- 5 Coude 90°
- TE'

Les tronçons droits ont pour dimensions les caractéristiques suivantes :

Tableau III.18 : Dimensions des tronçons droits du circuit refoulement pour le déchargement gasoil.

Composant	Diamètre (m)	Longueur (m)	L/D	Section (m ²)
Tronçon droit [1-3]	0.2032 (8'')	64	314.96	0.032
Tronçon droit [3-4]	0.2032 (8'')	69	339.56	0.032
Tronçon droit [4-5]	0.2032 (8'')	8	39.37	0.032
Tronçon droit [5-6]	0.2032 (8'')	15.4	75.78	0.032
Tronçon droit [6-7]	0.2032 (8'')	16.6	81.69	0.032
Tronçon droit [7-8]	0.2032 (8'')	45	221.45	0.032
Tronçon droit [8-9]	0.2032 (8'')	16	78.74	0.032
Tronçon droit [9-10]	0.1524 (6'')	3	19.68	0.1196

III.2.3- Données de calcul

- Débits volumiques: Q_v
 - o 1 Pompe en service : 150 m³/h
 - o 2 Pompes en service : 300 m³/h
 - o 3 Pompes en service : 450 m³/h
 - o 4 Pompes en service : 600 m³/h
 - o
- Température moyenne : $T = 40\text{ C}^\circ$
-
- Masse volumique de gasoil : $\rho = 835\text{ kg/m}^3$
-
- Débits massiques:
 - $Q_m = Q_v \times \rho$
 - 1 Pompe : 125250 kg/h
 - 2 Pompes : 250500 kg/h
 - 3 Pompes : 375750 kg/h
 - 4 Pompes : 501000 kg/h
 -
- G étant la vitesse massique $G = \frac{Q_m}{A}$
Où A : la section de passage du fluide dans le tube
- Rugosité absolue des pipes $\epsilon = 0,045$
- Viscosité dynamique ($\mu = 9.5 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$)

III.2.4- Pertes de charge linéaire :

Les coefficients de perte de charge linéaire des différents tronçons donnés dans le tableau III.19 pour les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody sont résumés ci-après :

	Diamètre hydraulique (m)	Nombre de pompes	G (kg/m ² .s)	Re	Facteur λ
Aspiration	0.1016 (4'')	1	4348.75	4.58 E+7	0.016
		4	17395.83	1.82 E+7	0.016
	0.2032 (8'')	1	1073.76	2.29 E+7	0.014
		4	684.87	9.14 E+7	0.014
	0.254 (10'')	1	687.54	1.83 E+7	0.013
		4	547.89	9.14 E+8	0.013
Refoulement	0.1524 (6'')	1	1881.04	3.01 E+7	0.014
		2	3807.69	6.09 E+7	0.014
		3	5798.61	9.18 E+7	0.014
	0.2032 (8'')	1	1056.63	2.27 E+7	0.014
		2	2139.04	4.59 E+7	0.014
		3	3221.45	6.88 E+7	0.014

III.2.5-Perte de charge singulière :**a / Circuit aspiration**

$$1. \text{ Convergent} \quad K = \left(\frac{1}{\mu^{-1}} \right)^2 \sin \alpha \quad \text{avec} \quad \mu = \frac{S_c}{S_2}$$

$$K = 0.32$$

2. Coude 45° :

Le coefficient de perte de charge singulière pour le cas du coude est calculé à l'aide de la relation donnée dans la figure II.3 du chapitre 2, reprise ci-après :

$$K = \frac{\alpha}{\pi} \left[0.131 + 1.847 \times \left(\frac{D}{R} \right)^{\frac{7}{2}} \right]$$

$$K = 0.084$$

$$3. \text{ Coude } 90^\circ \quad K = 0.169$$

$$4. \text{ Vanne totalement ouverte} \quad K = 0.022$$

b / Circuit refoulement

$$1. \text{ Coude } 45^\circ \quad K = 0.084$$

$$2. \text{ Coude } 90^\circ \quad K = 0.169$$

$$3. \text{ Vanne} \quad K = 0.28$$

$$4. \text{ TE}' \quad K = 3.30$$

III.2.6- Résultats**a) Circuit aspiration**

Pour une seule pompe en service correspondant à un débit de 150 m³/h, les pertes de charges calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III. 20)

Tableau III.20 : Pertes de charges aspiration (150 m³/h)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Convergent (4''*3'')	4348.75	4.58*10 ⁷	0.016	-	0.32	11324.32	3623.78	3623,78
Tronçon droit [1-2]	4348.75	4.58*10 ⁷	0.016	13.10	-	11324.32	2373.5	5997,28
Tronçon droit [2-3]	1073.76	2.29*10 ⁷	0.014	324.80	-	690.40	3139.42	9136,7
Coude 45°	1073.76	2.29*10 ⁷	0.014	-	0.084	690.40	0.811	9137,511
Tronçon droit [3-4]	687.54	1.83*10 ⁷	0.013	104.30	-	283.06	383.83	9521,341
Coude 90°	687.54	1.83*10 ⁷	0.013	-	0.169	283.06	47.83	9569,171
Tronçon droit [4-5]	1073.76	4.58*10 ⁷	0.014	3.93	-	690.40	38	9607,171
Vanne	1073.76	4.58*10 ⁷	0.014	-	0.28	690.40	193.31	9800,481

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de 150 m³/h, est égale à **9800 Pa**

Pour quatre pompes en service correspondant à un débit de 600 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.21)

Tableau III.21 : Pertes de charges aspiration (600 m³/h)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Convergent 4''*3''	17395.83	1.82*10 ⁸	0.016	-	0.32	181206.59	57986.10	57986,1
Tronçon droit [1-2]	17395.83	1.82*10 ⁸	0.016	13.10	-	181206.59	37980.90	95967
Tronçon droit [2-3]	684.87	9.14*10 ⁸	0.014	324.80	-	280.87	1277.18	97244,18
Coude 45°	684.87	9.14*10 ⁸	0.014	-	0.084	280.87	23.593	97267,77 3
Tronçon droit [3-4]	547.89	9.14*10 ⁸	0.013	104.30	-	179.75	243.73	97511,50 3
Coude 90°	547.89	9.14*10 ⁸	0.013	-	0.169	179.75	30.37	97541,87 3
Tronçon droit [4-5]	684.87	9.14*10 ⁸	0.014	3.93	-	179.75	15.48	97557,35 3
Vanne	684.87	9.14*10 ⁸	0.014	-	0.28	280.87	70.21	97627,56

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de 600 m³/h, est égale à **97627 Pa**.

b) Circuit refoulement:

Pour une seule pompe en service correspondant à un débit de 150 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.22)

Tableau III.22 : Pertes de charges de refoulement (150 m³/h)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Coude 45°	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	-	0.084	668.54	56.15	56,15
Coude 45°	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	-	0.084	668.54	56.15	112,3
Tronçon droit [1-2]	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	68.89	-	668.54	644.78	757,08
Vanne	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	-	1.41	668.54	274.10	1031,18
Tronçon droit [2-3]	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	246.06	-	668.54	2303.01	3334,19
Coude 90°	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	-	0.169	668.54	112.98	3447,17
Tronçon droit [3-4]	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	339.566	-	668.54	3178.18	6625,35
Coude 90°	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	-	0.169	668.54	112.98	6738,33
Tronçon droit [4-5]	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	39.37	-	668.54	368.48	7106,81
Coude 90°	1056.63	2.27*10 ⁷	0.014	-	0.169	668.54	112.98	7219,79

Tronçon droit [5-6]	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	75.787	-	668.54	709.33	7929,12
Coude 90°	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	668.54	112.98	8042,1
Coude 90°	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	668.54	112.98	8155,08
Tronçon droit [6-7]	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	81.20	-	668.54	759.99	8915,07
Tronçon droit [7-8]	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	221.45	-	668.54	1979.07	10894,14
Coude 45°	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	668.54	56.15	10950,29
Tronçon droit [8-9]	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	78.74	-	668.54	736.97	11687,26
Vanne	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	-	0.41	668.54	274.10	11961,36
TE'	1056.63	$2.27 \cdot 10^7$	0.014	-	3.30	668.54	2206.182	14167,542
Tronçon droit [9-10]	1881.04	$3.01 \cdot 10^7$	0.014	19.68	-	2118.75	583.75	14751,29

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de 150 m³/h, est égale à **14751 Pa**.

Pour deux pompes en service correspondant à un débit de 300 m³/h, la perte de charge calculée sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.23)

Tableau III.23 : Pertes de charges de refoulement (300 m³/h)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Coude 45°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	2739.81	230.14	230.14
Coude 45°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	2739.81	230.14	460.28
Tronçon droit [1-2]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	68.89	-	2739.81	2642.43	3102.72
Vanne	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	1.41	2739.81	1123.32	4226.04
Tronçon droit [2-3]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	246.06	-	2739.81	9438.20	13664.24
Coude 90°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	2739.81	463.02	14127.26
Tronçon droit [3-4]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	339.566	-	2739.81	13024.84	27152.10
Coude 90°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	2739.81	463.027	27615.12
Tronçon droit [4-5]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	39.37	-	2739.81	1510.12	29125.24
Coude 90°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	2739.81	463.02	29588.26
Tronçon droit [5-6]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	75.787	-	2739.81	2906.98	32495.24
Coude 90°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	2739.81	463.02	32958.26
Coude 90°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	2739.81	463.02	33421.28
Tronçon droit [6-7]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	81.20	-	2739.81	3114.61	36535.90
Tronçon droit [7-8]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	221.45	-	2739.81	8110.65	44646.55
Coude 45°	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	2739.81	230.14	44876.69

Tronçon droit [8-9]	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	78.74	-	2739.81	3020.25	47896.94
Vanne	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	0.41	2739.81	1123.32	49020.26
TE'	2139.04	$4.59 \cdot 10^7$	0.014	-	3.30	2739.81	9041.37	58061.63
Tronçon droit [9-10]	3807.69	$6.09 \cdot 10^7$	0.014	19.68	-	8681.74	2391.99	60453.6

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de $300 \text{ m}^3/\text{h}$, est égale à **60453 Pa**.

Pour trois pompes en service correspondant à un débit de $450 \text{ m}^3/\text{h}$, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.24)

Tableau III.24 : Pertes de charges de refoulement ($450 \text{ m}^3/\text{h}$)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq(II.10)	$\sum \Delta P_i$ [Pa]
Coude 45°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	6214.21	521.99	521.99
Coude 45°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	6214.21	521.99	1043.98
Vanne	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	1.41	6214.21	2547.82	9585.11
Tronçon droit [2-3]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	246.06	-	6214.21	21406.95	30992.06
Coude 90°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	6214.21	1050.20	32042.26
Tronçon droit [3-4]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	339.566	-	6214.21	29541.88	61584.14
Coude 90°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	6214.21	1050.201	62634.34
Tronçon droit [4-5]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	39.37	-	6214.21	3425.14	66059.68
Coude 90°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	6214.21	1050.20	67109.06
Tronçon droit [5-6]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	75.787	-	6214.21	6593.38	73703.06
Coude 90°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	6214.21	1050.20	74753.26
Coude 90°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.169	6214.21	1050.20	75803.46
Tronçon droit [6-7]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	81.20	-	6214.21	7064.31	82867.77
Tronçon droit [7-8]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	221.45	-	6214.21	18395.92	101263.69
Coude 45°	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.084	6214.21	521.99	101785.68
Tronçon droit [8-9]	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	78.74	-	6214.21	6850.29	108635.97
Vanne	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	0.41	6214.21	2547.82	111183.79
TE'	3221.45	$6.88 \cdot 10^7$	0.014	-	3.30	6214.21	20506.89	131690.68
Tronçon droit [9-10]	5798.61	$9.18 \cdot 10^7$	0.014	19.68	-	20134.05	5547.33	137238.01

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de $450 \text{ m}^3/\text{h}$, est égale à **137238 Pa**.

III.2.7- Tableau récapitulatif

Dans le tableau (III.25) ci-après nous récapitulons les résultats obtenus pour les deux débits différents afin de tenir compte des incertitudes on a multiplié la perte de charge obtenue par un coefficient de 1,2. Les valeurs ainsi obtenues sont également présentées dans le (tableau III.25)

Tableau III.25 : Récapitulatif de perte de charge pour différents débit

Débit	Aspiration		Refoulement		
	ΔP calculée	ΔP majorée (20%)	ΔP calculée	ΔP majorée (20%)	ΔH
0	0	0	0	0	0
150	9966,17	11959,40	14751,29	17701,55	2,16
300	-	-	60453,6	72544,32	8,85
450	-	-	137238,01	164685,61	20,10
600	97627,56	117153,07	-	-	-

III.2.8- Calcul de la pression d'admission pour le gasoil

Le calcul de la perte de charge dans le circuit aspiration est utilisé pour calculer la pression à l'aspiration et cela se fait on utilise le théorème de Bernoulli avec les mêmes lois que on a utilisé dans la première partie de chargement ce qui nous a conduit à ces résultats

Tableau III.26 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différent débit :

Débit (m ³ /h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	P2 (Pascal)
0	0	0	0
150	9966,17	11959,40	1,08*10 ⁵
600	97627,56	117153,07	1,06*10 ⁴

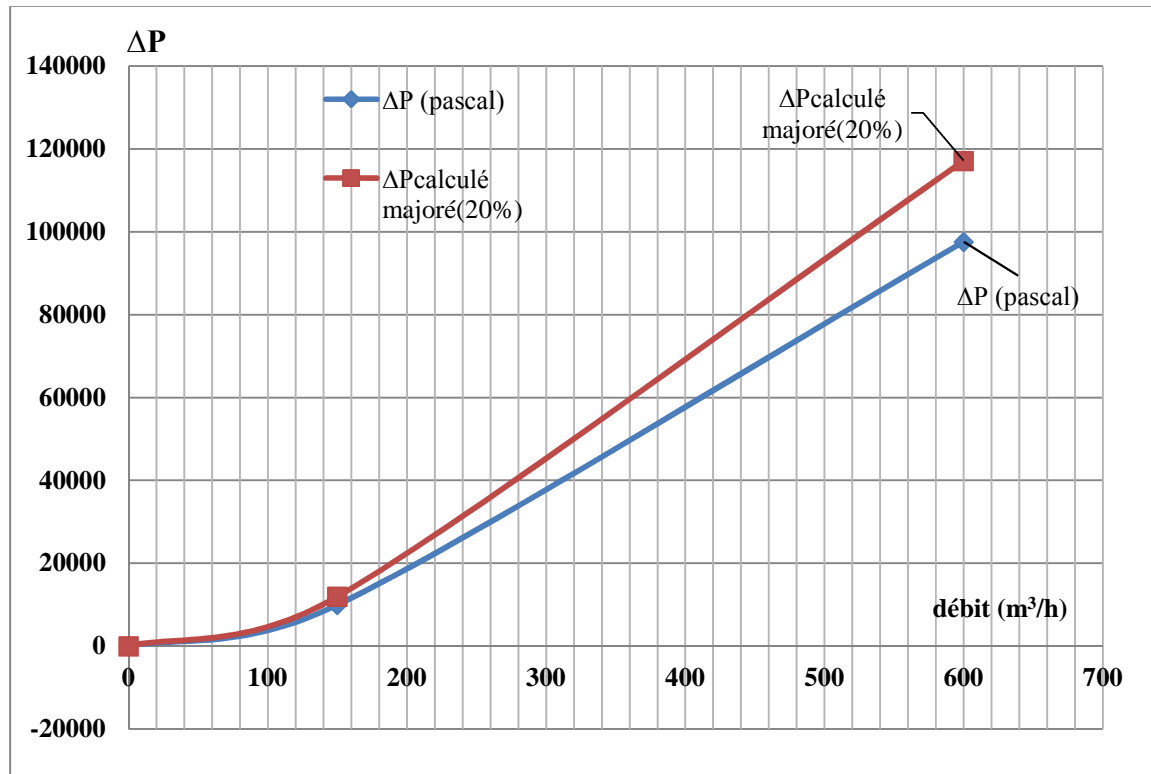


Figure III.12 : Représente perte de charge en fonction de débit

III.2.9- Calcul de la pression refoulement pour gasoil

On utilisant Bernoulli est on suivant les même procédures que on a utilisé dans la première partie chargement ce qui nous a conduit à ces résultat.

Tableau III.27 : Récapitulatif de perte de charge en fonction de débit :

Débit (m ³ /h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	ΔH	H disponible
0	0	0	0	18,65
150	14751,29	17701,55	2,16	20,81
300	60453,6	72544,32	8,86	27,51
450	137238,01	164685,61	20,10	38,75

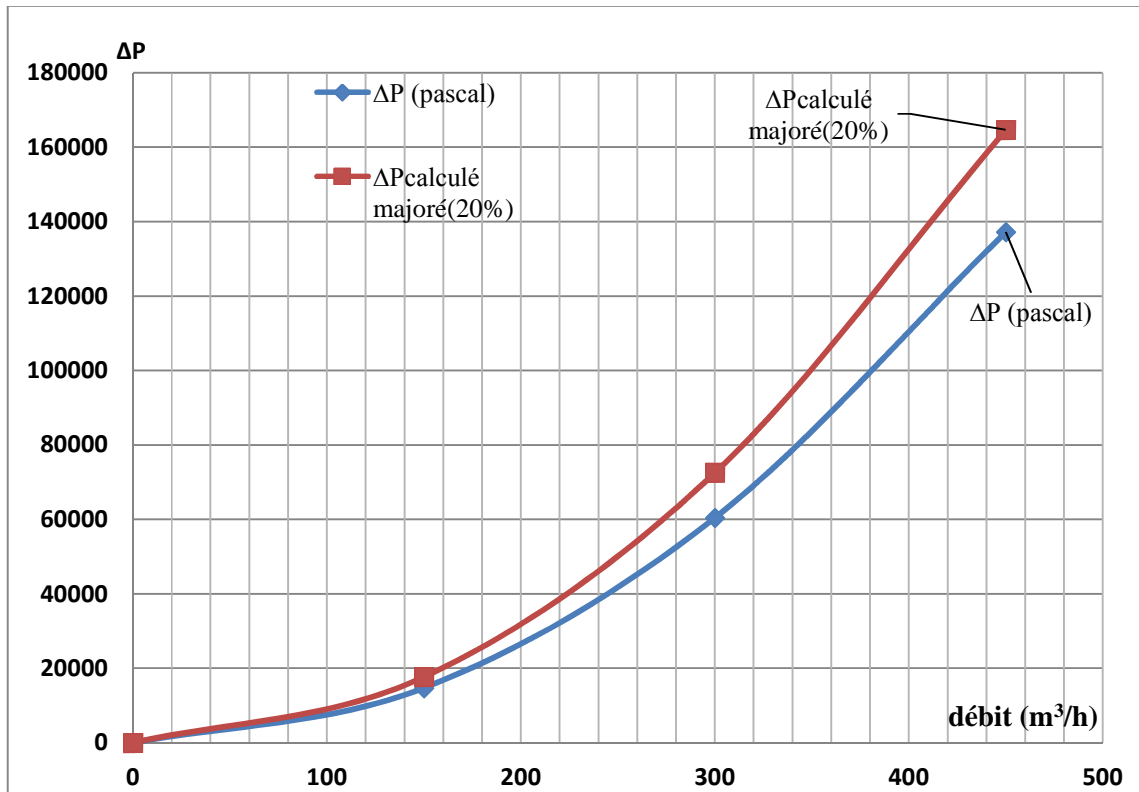


Figure III.13 : Représente perte de charge en fonction de débit

III.2.10- Choix des pompes

Les pompes à installer sont identiques et placées en parallèles.

Cherchons d'abord le point de fonctionnement dans le cas où une seule pompe et en service.

Pour cela on a représenté la caractéristique du circuit (données du tableau III.28) ainsi que la caractéristique de la pompe centrifuge fournie par le constructeur MEN. (Voir annexe B) pour quatre différents diamètres de roue. Les hauteurs manométriques relevées sont résumées dans le tableau (III.27) Pour tous les débits distincts (150, 300 et 450 m³/h)

Sur le graphe de la figure (III.14), on remarque que le diamètre de la roue répondant au mieux et pouvant assurer le fonctionnement est de diamètres $\Phi = 278$ mm

- Cas d'une seule pompe en fonction

Tableau III.28 : Représente courbe caractéristique des pompes pour différents diamètres et perte de charge en fonction de débits.

Qv (m ³ /h)	Ø278	Ø294	Ø310,5	Ø326,7	ΔH+Pr (m)
0	26,2	29	33	37	18,65
150	24	27	31	36	20,81
300	4	10	18	22	27,5
450					38,75

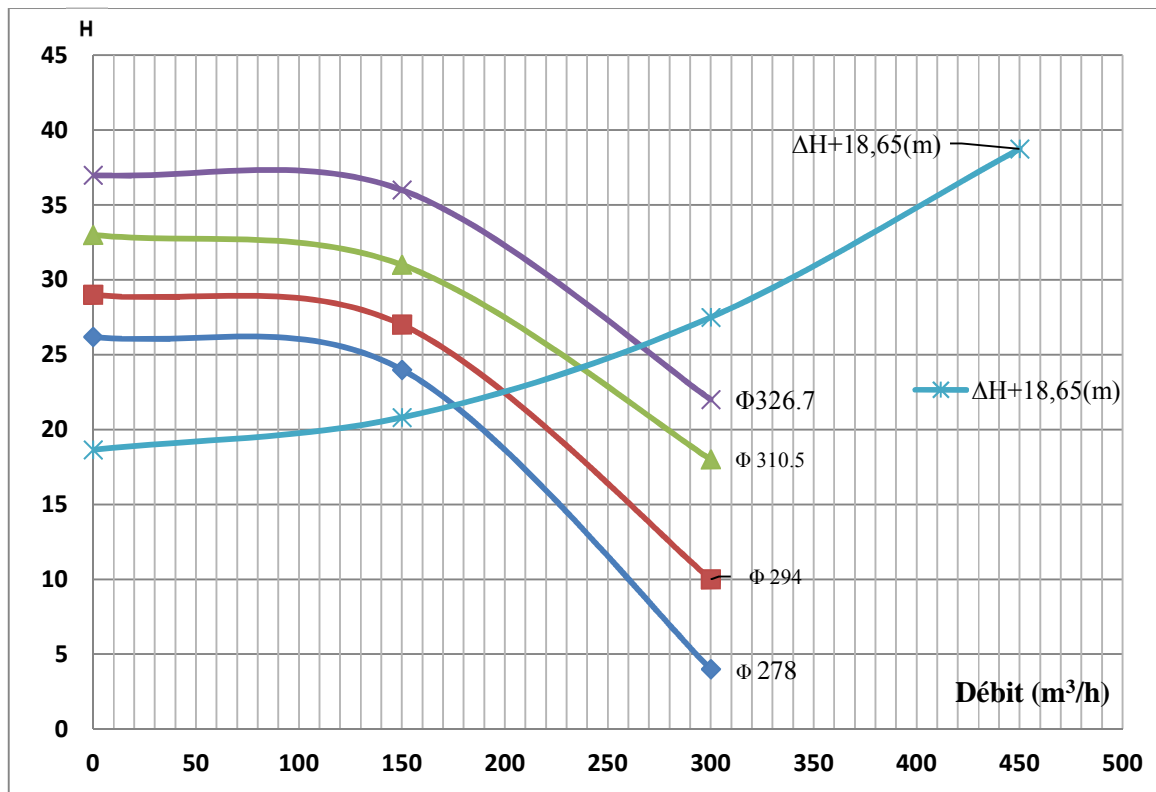


Figure III.14 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit gazoil en fonction de débit

Le point d'intersection de la courbe caractéristique du circuit et celle de la pompe a été vérifié qu'il correspond tel et bien au point où le rendement de la pompe est maximal

(Voir fig.III.15) donnée également dans l'annexe B [Ref 2].

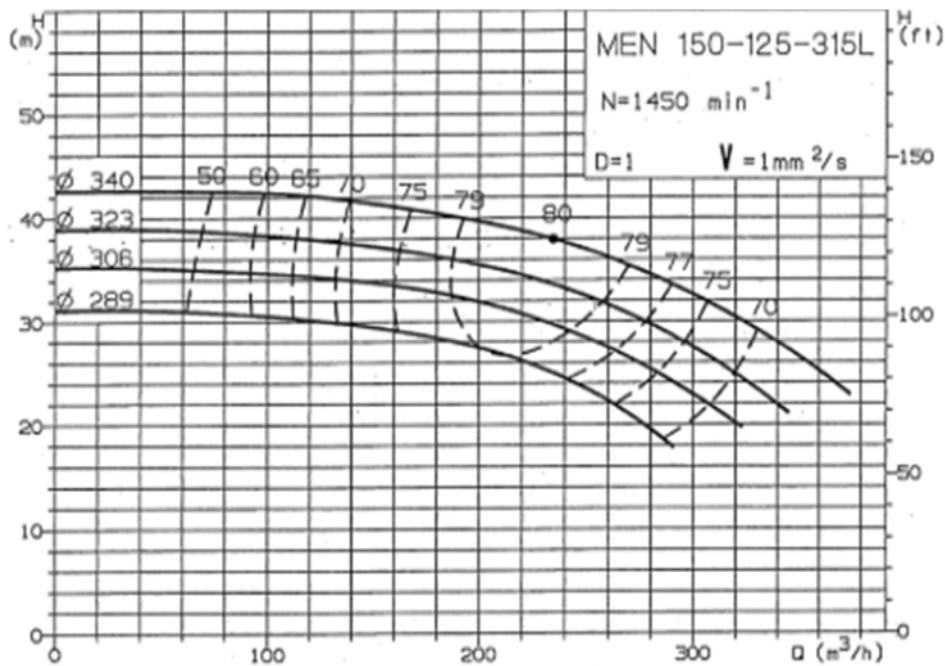


Figure III.15 : Courbe caractéristique des rendements.

- Cas de deux ou plusieurs pompes en service

Comme il a été signalé précédemment les pompes sont identiques et installées en parallèle. Ce qu'implique donc que la hauteur manométrique délivrée par la pompe P4 (voir fig.III.1) sera la même pour les trois autres pompes (P5 et P6). En revanche les débits s'ajoutent.

Vérifiant maintenant si avec une telle pompe, on pourra assurer les débits nécessaires à des charges élevée. Les caractéristiques équivalentes en fonction de nombre de pompes en service sont données dans le tableau (III.29) et représentées

Tableau III.29 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit

	Q (m ³ /h)	Hauteur pompe	H Disponible
1 Pompe	0	31	18.65
	150	29	20.81
	300	18	27.5
2 Pompes	0	31	18.65
	300	21	20.81
	600	18	27.5
3 Pompes	0	31	18.5
	450	29	20.81
	900	18	27.5

4 Pompes	0	31	18.65
	600	29	27.5
	1200	18	38.75

La figure (III.16) montre les points de fonctionnement obtenu pour une, deux et trois pompes en service. Ces points représentent les points d'intersection des courbes caractéristique du circuit et celles des pompes. Ils ont été choisis et sélectionnés parmi plusieurs courbes caractéristique de pompe ayant des hauteurs manométrique allant de 20 à 140 m et pour des débits de 10 à 150 m³/h.

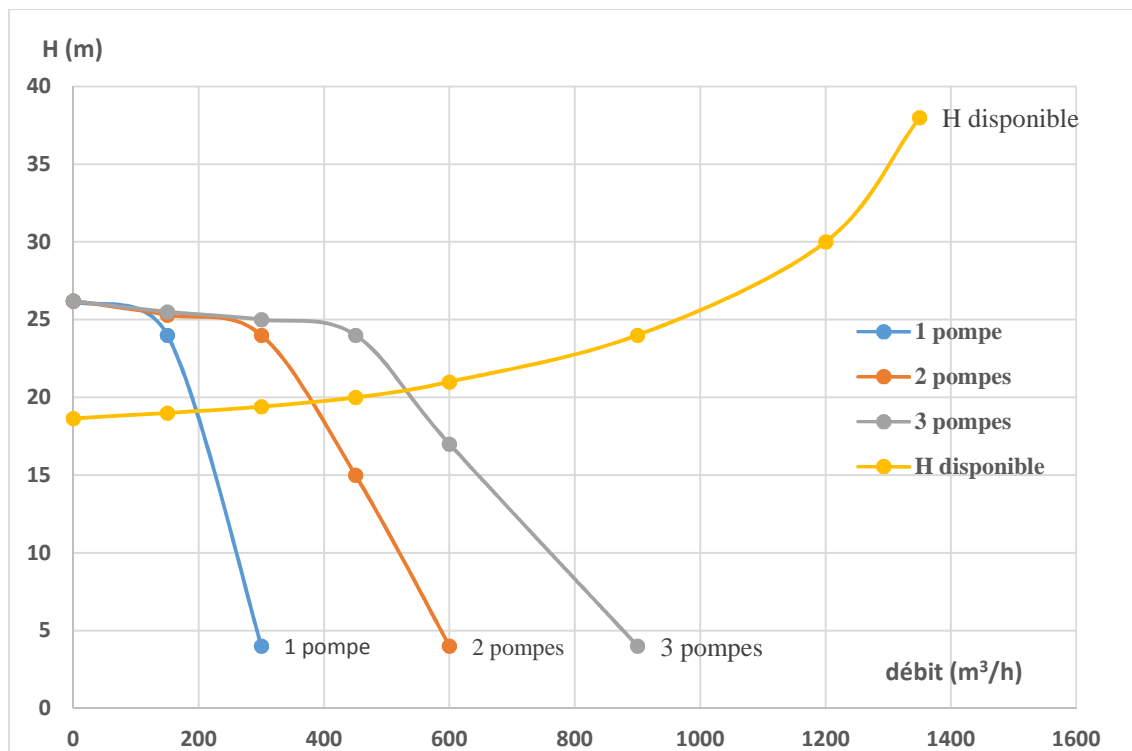


Figure III.16 : Caractéristique équivalentes des pompes placées en parallèle et celle de circuit

Les caractéristiques des pompes choisies par le circuit déchargement sont les suivantes

- _ Diamètre = 345 mm
- _ Puissance = 19 kW
- _ Rendement = 80 %
- _ vitesse = 1450 $\frac{tr}{min}$

Le catalogue détaillé fournie par le constructeur pour les hauteurs manométriques compris entre (20 m et 140 m) et débit de (10 à 150) sont données en annexe B [Ref 2]

Chapitre IV

IV.1.1- Dimensionnement du réseau essence

Dans ce chapitre nous présentons l'étude hydraulique du circuit essence. Le réseau en question est doté d'un circuit de **chargement** et d'un autre de **déchargement**. nous allons présenter dans ce chapitre les deux circuits chargement et déchargement en deux parties distinctes :

Le circuit chargement comme son nom l'indique sert à charger les camions en carburant pompé des bacs de stockage.

Le circuit de déchargement sert à décharger le carburant des wagons ou des camions pour le stocker dans des bacs ou réservoirs à toit fixe ou flottant.

Première partie:

Circuit chargement

Les figures IV.1 et IV.2 représentent respectivement l'aspiration et le refoulement du circuit essences.

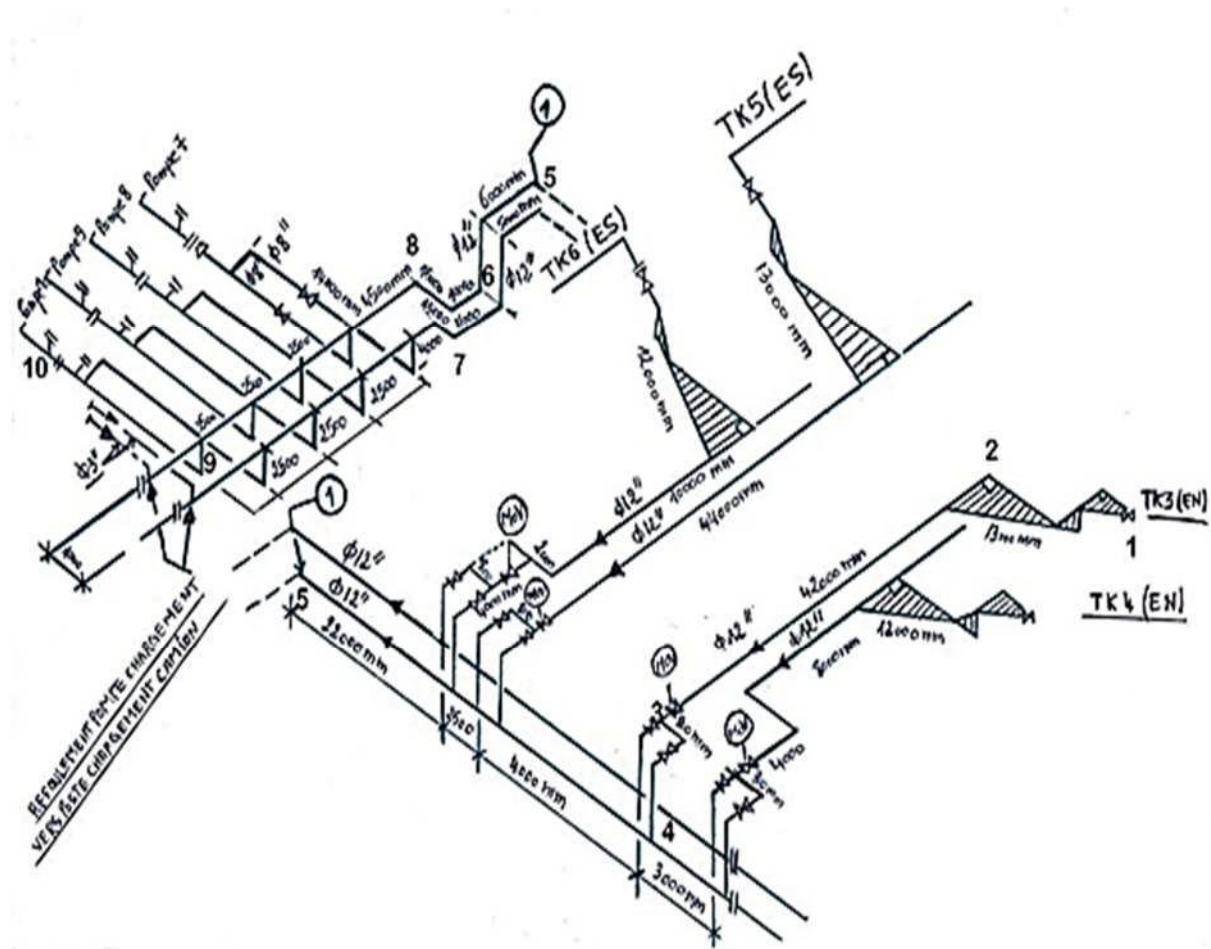


Figure IV.1 : Circuit aspiration pour le cas du chargement essence [Ref 1 et Ref 6].

IV.1.2- Description du circuit d'aspirations :

L'essence est aspirée au bas d'un des deux réservoirs (TK3 OU TK4) pour l'essence normale et (TK5 TK6) pour l'essence super, car l'autre réservoir étant dans sa phase de remplissage ou de maintenance

Dans notre étude, pour le calcul hydraulique on a pris le cas le plus défavorable présentant une perte de charge plus élevée (C'est-à-dire le plus éloigné de la station de pompage)

La branche la plus longue à l'entrée démarrant de la sortie du réservoir ou bac TK3 jusqu'à l'entrée de la pompe (P7, P8, P9 et P10) a été donc considérée pour l'évaluation des pertes de charge.

Tronçon droit 8-9	0.3048 (12'')	12	39.37	0.07
Tronçon droit 9-10	0.2032 (8'')	14	45.93	0.032

IV.1.3- Description du circuit refoulement

L'essence est refoulée vers le poste de chargement par le biais des pompes (P7 P8 P9 et P10) la également pour le calcul hydraulique, le circuit le plus long a été considéré. Ce dernier est numéroté sur la figure IV.2 et va de la sortie de la pompe jusqu'au poste de chargement constitué des bras dôme et des bras source

Le circuit refoulement contient 10 singularités suivantes :

- Une branche d'alimentation du circuit (rétrécissement brusque)
- Coude 45°
- 5 Coudes 90°
- Vanne
- TE'
- Convergent

Les tronçons droits ont pour dimensions la caractéristique suivante :

Tableau IV.2 : Dimensionnement des tronçons droits du circuit refoulement pour le chargement essences.

Composante	Diamètre (m)	Longueur (m)	L/d	Section (m ²)
Tronçon 1-2	0.1524	2.4	16.40	0.1196
Tronçon 2-3	0.3048	60.04	236.46	0.2392
Tronçon 3-4	0.3048	12	39.37	0.2392
Tronçon 4-5	0.3048	11	36.08	0.2392
Tronçon 5-6	0.3048	29	95.14	0.2392
Tronçon 6-7	0.3048	76	249.35	0.2392
Tronçon 7-8	0.3048	6	19.68	0.2392
Tronçon 8-9	0.1524	4.5	29.527	0.1196
Tronçon 9-10	0.1016	5.2	5.118	0.0797

IV.1.4- Données de calcul

- Débit volumique : Q_v
 - 1 Pompe mise en service : 150 m³/h
 - 2 Pompes mise en service : 300 m³/h
 - 3 Pompes mise en service : 450 m³/h
 - 4 Pompes mise en service : 600 m³/h

- Température moyenne $T = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Masse volumique de l'essence $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$
- Débit massique : $Q_m = Q_v \times \rho$
 - 1 Pompe: 114000 kg/h
 - 2 Pompes: 228000 kg/h
 - 3 Pompes: 342000 kg/h
 - 4 Pompes: 456000 kg/h
- G étant la vitesse massique $G = \frac{Q_m}{A}$
- Viscosité dynamique ($\mu = 6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$) [Ref 1]
- Rugosité absolue des pipe $\varepsilon = 0.045$ [Ref 9]

IV.1.5- Perte de charge linéaire

Les coefficients de perte de charge linéaire des différents tronçons droits donnés dans le

(Tableau IV.3) Représente les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody sont résumés ci-après :

	Diamètre hydraulique	Nombre de pompes	$G \text{ (kg/m}^2\text{s)}$	$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$	Facteur λ
Aspiration	0.2032 (8'')	1	977.16	3.25 E+8	0.014
		4	1737.54	8.78 E+8	0.013
	0.3048 (12'')	1	434.375	2.17 E +8	0.013
		4	3909.25	6.51 E +8	0.014
Refoulement	0.1524 (6'')	1	829.658	4.41 E +8	0.014
		2	531.29	8.82 E+8	0.014
		3	749.31	1.32 E+8	0.014
	0.3048 (12'')	1	625.823	2.64 E +8	0.013
		2	1251.58	5.29 E +8	0.013
		3	1877.47	7.49 E+8	0.013
	0.1016 (4'')	1	3958.33	6.61 E+8	0.016
		2	7818	8.82 E +8	0.016
		3	11728.28	1.985 E+8	0.016

IV.1.6- Perte de charge singulière

a)- Circuit aspiration

1) Bouche d'alimentation du circuit :

C'est un cas particulier d'un rétrécissement brusque c'est un départ d'une conduite à partir d'un grand réservoir $k = 0.5$ [Ref 6]

2) Coudes 45° : Le coefficient de pertes de charge singulière pour le cas du coude est calculé à l'aide de la relation donnée dans la figure 2.3 du chapitre2 est reprise ci-après :

$$k = \alpha/\pi[0.131+1.847(D/R)^{7/2}]$$

$$k = 0.084$$

3) Coudes 90° : Pour les angles de courbure de 90° la relation précédent est également valable.

$$k = 0.654 \quad [\text{Ref 6}]$$

4) Vanne totalement ouvert : Les vannes utilisées sont de type opercules motorisées de marque ALMA. Le constructeur fournit dans sa documentation des longueurs équivalentes. Les longueurs équivalents ainsi données sont rapportées dans l'annexe A le coefficient de perte de charge singulière est calculé comme suit : [Ref 6]

$$k = \frac{\lambda L_{eq}}{D}$$

$$k = 0.018$$

5) TE' : Est donnée par le constructeur ($k = 2.8$) le constructeur fournit dans sa documentation des longueurs équivalentes. Les longueurs équivalents ainsi données sont rapportées dans l'annexe A

$$k = \frac{\lambda L_{eq}}{D}$$

$$k = 2.8$$

b)-circuit refoulement :

2) Coudes 45° : le coefficient de pertes de charge singulière pour le cas du coude est calculé à partir de cette équation.

$$K = \alpha/\pi [0.131+1.847(D/R)^{7/2}]$$

$$K = 0.084$$

3) Coudes 90° : le coefficient de pertes de charge singulière pour le cas du coude est calculé à partir de cette équation.

$$K = \alpha/\pi [0.131 + 1.847(D/R)^{7/2}] \quad K = 0.654$$

4) Vanne totalement ouvert :

Les vannes utilisées sont de type opercules motorisées de marque ALMA. Le constructeur fournit dans sa documentation des longueurs équivalentes. Les longueurs équivalents ainsi données sont rapportées dans l'annexe A le coefficient de perte de charge singulière est calculé comme suit :

$$k = \frac{\lambda L_{eq}}{D} \quad K = 0.018$$

La vanne a été installée dans les tronçons de 12''. la longueur équivalent fournie est de 0.39 m lorsqu'elle est totalement ouvert. de la relation précédente, on trouve $k=0.018$

5) TE' : Est donne par le constructeur $K=0.034$

6) Convergent

$$K = (1/\mu - 1)^2 \sin \alpha \quad \text{Avec } \mu = (S_c/S_2)$$

$$K=0.012$$

IV.1.7- Résultats

A/ Circuit aspiration

Pour une seule pompe en service correspondant à un débit de 150m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.4)

Tableau IV.4 : Pertes de charges aspiration (150 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	Re = $\frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP _i [Pa] Eq(II.10)	ΣΔP [Pa]
Bouche d'alimentation	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.5	124.132	71.06	71.06
Vanne	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.018	124.132	2.23	73,29
Coude 45°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.084	124.132	10.42	83,71
Coude 90°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.654	124.132	81.18	164,89
Tronçon droit 1-2	434.375	2.17E+8	0.013	42.65	-	124.132	68.82	233,71
Coude 45°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.084	124.132	10.42	244,13

Tronçon droit 2-3	434.375	2.17E+8	0.013	137.79	-	124.132	222.35	466,48
Vanne	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.018	124.132	2.23	468,71
Tronçon droit 3-4	434.375	2.17E+8	0.013	2.62	-	124.132	4.23	472,94
Coude 90°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.654	124.132	81.18	554,12
Tronçon droit 4-5	434.375	2.17E+8	0.013	103.34	-	124.132	166.77	720,89
Coude 90°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.654	124.132	81.18	802,07
Tronçon droit 5-6	434.375	2.17E+8	0.013	19.68	-	124.132	31.76	833,83
Coude 90°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.654	124.132	81.18	915,01
Tronçon droit 6-7	434.375	2.17E+8	0.013	32.80	-	124.132	1.05	916,06
Coude 90°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.654	124.132	81.18	997,24
Tronçon droit 7-8	434.375	2.17E+8	0.013	49.21	-	124.132	79.41	1076,65
Coude 90°	434.375	2.17E+8	0.013	-	0.654	124.132	79.41	1156,06
Tronçon droit 8-9	434.375	2.17E+8	0.013	29.52	-	124.132	81.18	1237,24
TE'	434.375	2.17E+8	0.013	-	2.8	124.132	47.46	1284,7
Coude 90°	977.16	3.25E+8	0.014	-	0.169	628.18	347.56	1632,26
Tronçon droit	977.16	3.25E+8	0.014	45.93	-	628.18	106.16	1738,42

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de 150m³/h est égale à **1738** Pascal

Pour 4 pompes en service correspondant à un débit de 600m³/h les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.5)

Tableau IV.5 : Pertes de charges aspiration (600 m³/h).

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [Pa]	ΔP_i [Pa] Eq.(II.10)	$\sum \Delta P$ [Pa]
Bouche d'alimentation	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.5	1986.21	933.10	933.10
Vanne	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.018	1986.21	33765.57	34698,67
Coude 45°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.084	1986.21	166.84	34865,51
Coude 90°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.654	1986.21	1298.95	36164,46
Tronçon droit 1-2	1737.54	8.78E+8	0.013	42.65	-	1986.21	1101.25	37265,71
Coude 45°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.084	1986.21	166.84	37432,55
Tronçon droit 2-3	1737.54	8.78E+8	0.013	137.79	-	1986.21	3557.83	40990,38
Vanne	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.018	1986.21	35.75	41026,13
Tronçon droit 3-4	1737.54	8.78E+8	0.013	2.62	-	1986.21	67.753	41093,88
Coude 90°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.654	1986.21	1298.98	42392,86

Tronçon droit 4-5	1737.54	8.78E+8	0.013	103.34	-	1986.21	2668.49	45061,35
Coude 90°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.654	1986.21	1298.98	46360,33
Tronçon droit 5-6	1737.54	8.78E+8	0.013	19.68	-	1986.21	508.28	46868,61
Coude 90°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.654	1986.21	1298.98	48167,59
Tronçon droit 6-7	1737.54	8.78E+8	0.013	32.80	-	1986.21	846.91	49014,50
Coude 90°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.654	1986.21	1298.98	50313,48
Tronçon droit 7-8	1737.54	8.78E+8	0.013	49.21	-	1986.21	1270.68	51584,16
Coude 90°	1737.54	8.78E+8	0.013	-	0.654	1986.21	1298.98	52883,14
Tronçon droit 8-9	1737.54	8.78E+8	0.013	29.52	-	1986.21	762.40	53645,54
TE'	1737.54	8.78E+8	0.013	-	2.8	1986.21	5561.38	59206,92
Coude 90°	39.9.25	6.51E+8	0.014	-	0.169	10054.14	1699.15	60906,07
Tronçon droit 9-10	3909.25	6.55E+8	0.014	45.93	-	10054.14	6465.15	67371,22

La perte de charge totale d'un circuit aspiration pour un débit de 600m³/h, est égale à **67371 Pa**

B/ Circuit refoulement :

Pour une seule pompe en service correspond à un débit de 150 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.6)

Tableau IV.6 : Pertes de charges refoulement (150 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho v D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP _i [Pa] Eq(II.10)	ΣΔp [Pa]
Coude 45°	829.658	4.4 E+8	0.014	-	0.084	4.52.85	38.03	38.03
Coude 90°	829.658	4.41E+8	0.014	-	0.169	4.52.85	76.53	114.57
Tronçon droit 1-2	829.658	4.41E+8	0.014	16.40	-	4.52.85	103.97	218.54
Coude 90°	829.658	4.41E+8	0.014	-	0.169	4.52.85	76.53	295.07
Tronçon droit 2-3	625.823	2.64E+8	0.013	236.220	-	256.99	789.18	1084.25
Coude 90°	625.823	2.64E+8	0.013	-	0.169	256.99	43.43	1127.68
Tronçon droit 3-4	625.823	2.64E+8	0.013	39.370	-	256.99	131.53	1259.21
Coude 90°	625.823	2.64E+8	0.013	-	0.169	256.99	43.43	1302.64
Tronçon droit 4-5	625.823	2.64E+8	0.013	36.089	-	256.99	120.56	1423.21
Coude 90°	625.823	2.64E+8	0.013	-	0.169	256.99	43.43	1466.64
Tronçon droit 5-6	625.823	2.64E+8	0.013	95.144	-	256.99	317.86	1784.50
Vanne	625.823	2.64E+8	0.013	-	0.018	256.99	4.62	1789.13
Coude 90°	625.823	2.64E+8	0.013	/	0.169	256.99	43.43	1832.56

Tronçon droit 6-7	625.823	2.64E+8	0.013	249.35	-	256.99	65.76	1898.33
TE'	625.823	2.64E+8	0.013	-	0.034	256.99	8.73	1907.06
Tronçon droit 7-8	829.658	4.41E+8	0.013	19.685	-	256.99	43.43	1950.49
Tronçon droit 8-9	829.658	4.41E+8	0.013	29.527	-	256.99	98.64	2049.14
Convergent	3958.33	6.61E+8	0.016	-	0.0127	10308.15	130.91	2180.05
Tronçon droit 9-10	3958.33	6.61E+8	0.016	5.118	-	10308.15	844.11	3024.16

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de 150m³/h est égale à **3024 Pa**

Pour deux (02) pompe en service correspondant à un débit 300 m³/h, les pertes de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.7)

Tableau IV.7 : Pertes de charges refoulement (300 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ²]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	f= λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP _i [Pa] Eq.(II.10)	ΣΔP [Pa]
Coude 45°	531.29	8.82E+8	0.014	-	0.084	185.70	15.59	15.59
Coude 90°	531.29	8.82E+8	0.014	-	0.169	185.70	31.38	46.77
Tronçon droit 1-2	531.29	8.82E+8	0.014	16.40	-	185.70	42.63	89.61
Coude 90°	531.29	8.82E+8	0.014	-	0.169	185.70	31.38	120.99
Tronçon droit 2-3	1251.58	5.29E+8	0.013	236.22	-	1030.56	3164.70	3285.70
Coude 90°	1251.58	5.29E+8	0.013	-	0.169	1030.56	174.16	3459.86
Tronçon droit 3-4	1251.58	5.29E+8	0.013	39.37	-	1030.56	527.45	3987.31
Coude 90°	1251.58	5.29E+8	0.013	-	0.169	1030.56	174.16	4161.48
Tronçon droit 4-5	1251.58	5.29E+8	0.013	36.089	-	1030.56	483.49	4644.97
Coude 90°	1251.58	5.29E+8	0.013	-	0.169	1030.56	174.16	4819.13
Tronçon droit 5-6	1251.58	5.29E+8	0.013	95.144	-	1030.56	1274.67	6093.80
Vanne	1251.58	5.29E+8	0.013	-	0.018	1030.56	18.55	6112.35
Coude 90°	1251.58	5.29E+8	0.013	-	0.169	1030.56	174.16	6286.52
Tronçon droit 6-7	1251.58	5.29E+8	0.013	249.35	-	1030.56	3340.47	9626.99
TE'	1251.58	5.29E+8	0.013	-	0.034	1030.56	35.03	9662.02
Tronçon droit 7-8	531.29	8.82E+8	0.014	19.685	-	185.70	51.17	9713.20
Tronçon droit 8-9	531.29	8.82E+8	0.014	29.527	-	185.70	76.76	9789.97
Convergent	7818.51	1.32E+9	0.016	-	0.0127	40216.51	510.74	10300.71
Tronçon droit 9-10	7818.51	1.32E+9	0.016	5.118	-	40216.51	3293.24	13593.95

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de 300 m³/h est égale à **13593 Pa**

Pour trois pompes en service correspond à un débit de 450m³/h les pertes de charge ainsi obtenues sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.8)

Tableau IV.8 : Pertes de charges refoulement (450 m³/h) :

Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [pa]	ΔP _i [Pa] Eq(II.10)	∑ ΔP [pa]
Coude 45°	749,31	1,32 E+9	0,014	-	0.084	369,07	31	31
Coude 90°	749,31	1,32 E+9	0,014	-	0.169	369,07	62,37	93,35
Tronçon droit 1-2	749,31	1,32 E+9	0,014	16.40	-	369,07	84,74	178,11
Coude 90°	749,31	1,32 E+9	0,014	-	0.169	369,07	62,37	240,49
Tronçon droit 2-3	1877,47	7,94E+8	0,013	236.220	-	2319	7121,34	7361,83
Coude 90°	1877,47	7,94E+8	0,013	-	0.169	2319	66,23	7428,07
Tronçon droit 3-4	1877,47	7,94E+8	0,013	39.370	-	2319	1186,89	8614,96
Coude 90°	1877,40	7,94E+8	0,013	-	0.169	2319	391,91	9006,87
Tronçon droit 4-5	1877,40	7,94E+8	0,013	36.089	-	2319	1087,87	10094,81
Coude 90°	1877,40	7,94E+8	0,013	/	0.169	2319	391,91	10486,75
Tronçon droit 5-6	1877,40	7,94E+8	0,013	95.144	/	2319	2868,31	13357,06
Vanne	1877,40	7,94E+8	0,013	/	0.018	2319	41,74	13396,80
Coude 90°	1877,40	7,94E+8	0,013	/	0.169	2319	391,91	13788,71
Tronçon droit 6-7	1877,40	7,94E+8	0,013	249.35	/	2319	7116,87	21305,59
TE'	1877,40	7,94E+8	0,013	/	0.034	2319	78,84	21384,43
Tronçon droit 7-8	1877,40	7,94E+8	0,013	19.685	/	2319	593,44	21977,88
Tronçon droit 8-9	749,31	1,32 E+9	0,014	29.527	/	369,07	152,56	22130,44
Convergent	11728,28	1,985 E+9	0,016	/	0.0127	90495,09	1149,28	23279,72
Tronçon droit 9-10	11728,28	1,985*10 ⁹	0,016	5.118	/	90495,09	7410,46	30690,18

La perte de charge totale du circuit refoulement pour un débit de 450 m³/h est égale à **13593 Pa**

IV.1.8- Tableau récapitulatif

Dans le tableau (IV.9) ci-après nous récapitulons les résultats obtenus pour les trois débits différents afin de tenir compte des incertitudes on a multiplié la perte de charge obtenus par un coefficient de 1.2 les valeurs ainsi obtenus sont également présentées dans le (tableau IV.9)

Tableau IV.9 : Récapitulatif de perte de charge pour différents débits

Débit	Aspiration		Refoulement		
	ΔP calculée	ΔP (pascal) majorée (20%)	ΔP calculée	ΔP (pascal) majorée (20%)	ΔH
0	0	0	0	0	0
150	5883,38	7060,05	3024,16	3628,99	0,48
300	-	-	13593,95	16312,74	2,18
450	-	-	30690,18	36828,21	4,93
600	100168	120201,6	-	-	-

IV.1.9- Calcul de la pression d'admission

La figure (IV.3) ci-dessous représente un schéma explicatif pour l'application de théorème de Bernoulli pour les différents points.

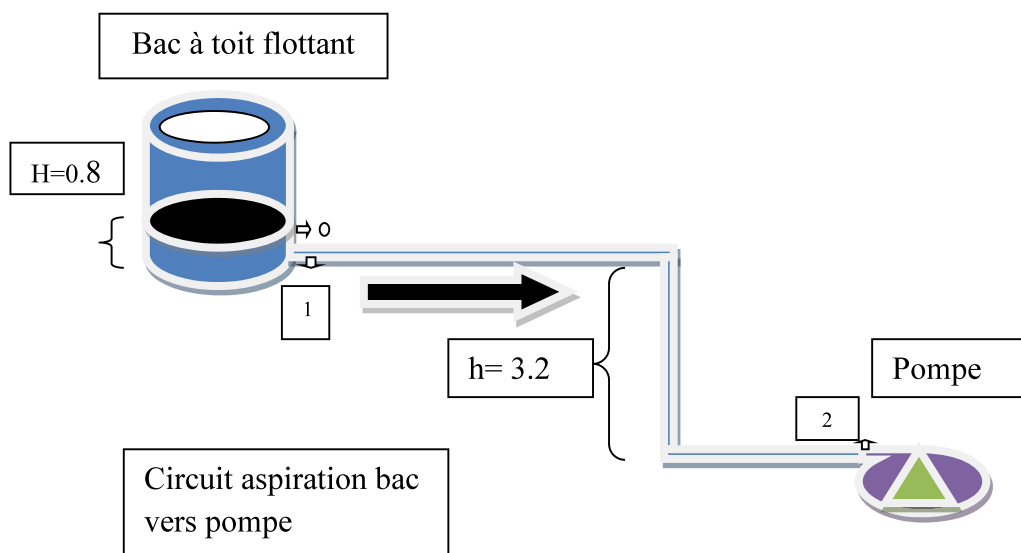


Figure IV.3 : Représentation schématique du circuit aspiration

Le calcul de la perte de charge dans le circuit aspiration est utilisé pour calculer la pression à l'aspiration et cela se fait en appliquant le théorème de Bernoulli. Le théorème de Bernoulli entre les points 0 et 1 donne :

$$P_0 + \rho g z_0 + \frac{1}{2} \rho V_0^2 = P_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

Avec : $V_0 = 0$

D'où $P_1 = P_0 + \rho g (z_0 - z_1) - \frac{1}{2} \rho V_1^2$ (4.1)

Avec : $P_0 = P_{atm} + P_0'$

Et : $P_0' = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$

m : Masse de toit flottant et ses accessoires

$m = 367.611$ tonnes

$S = 2\pi r (r + h)$ Avec: (r=10m, d=20m, h=0.2m)

$S = 640.56$ m²

$P_0' = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{367.611 * 1000 * 9.81}{640.56} = 5.629 * 10^3$ Pa

Entre les deux points 1 et 2 on obtient :

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

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

$P_2 = P_1 + \rho g (Z_1 - Z_2) + \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) - \Delta P$ (4.2)

En remplaçant l'équation (4.1) dans l'équation (4.2) :

$$P_2 = P_0 + \rho g (z_0 - z_1) - \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g (z_1 - z_2) + \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) - \Delta P$$

Avec : $(z_0 - z_1) = H$ et $(z_1 - z_2) = h$

$$P_2 = P_0 + \rho g(h + H) - \frac{1}{2} \rho V_2^2 - \Delta P$$

$$P_2 = P_{atm} + P'_0 + \rho g(h + H) - \frac{1}{2} \rho V_2^2 - \Delta P \dots\dots\dots (4.3)$$

P₂ : C'est la pression d'aspiration de la pompe.

De l'équation (4.3) on obtient pour les deux débits les résultats donnés dans le tableau ci-dessous

Tableau IV.10 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différents débits

Débit (m ³ /h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	P2 (Pascal)
0	0	0	0
150	5883,38	7060,05	1,28×10 ⁵
600	100168	120201,6	6,5×10 ³

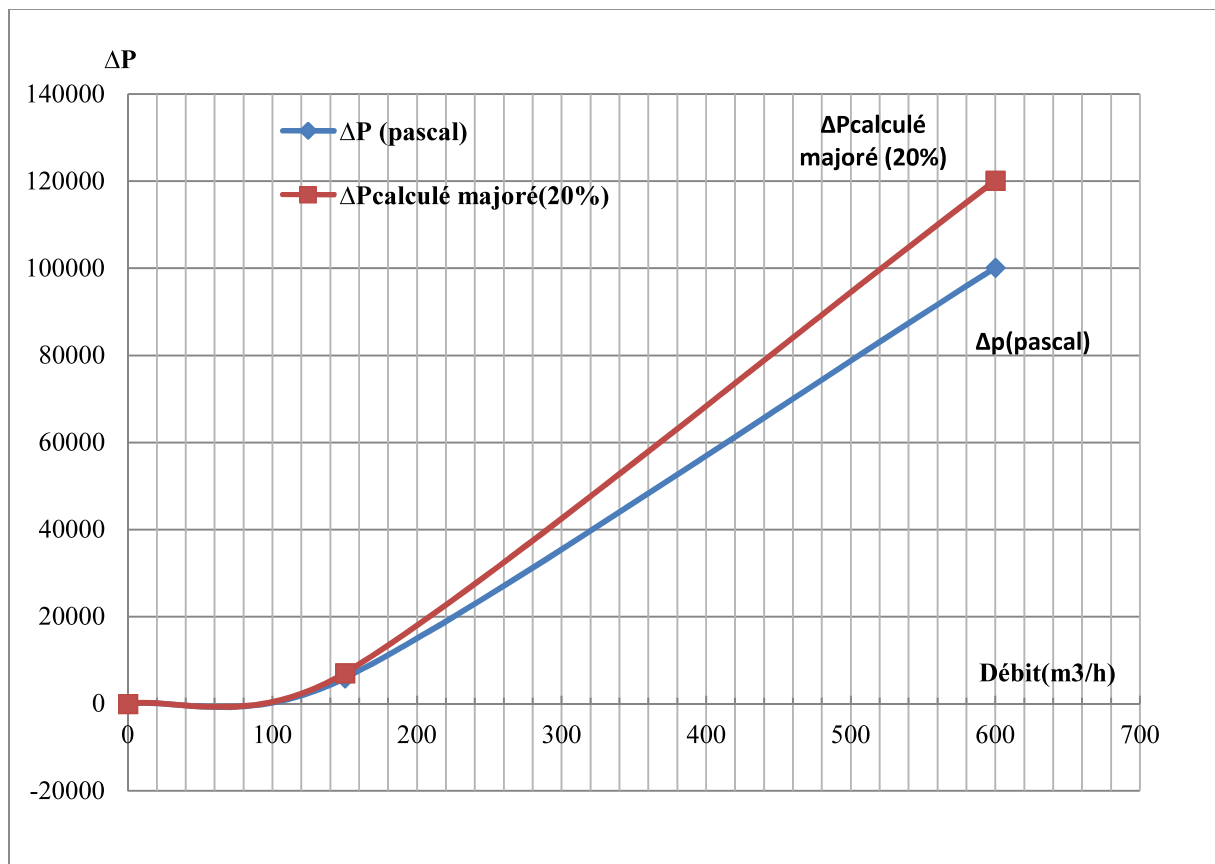


Figure IV.4 : Représente perte de charge en fonction de débit

IV.1.10- Calcul de la pression de refoulement

Dans ce paragraphe nous cherchons à exprimer la pression de refoulement juste à la sortie de pompes nécessaire pour assurer le chargement de carburant cette pression est calculée au point 0 (voir figure IV.5)

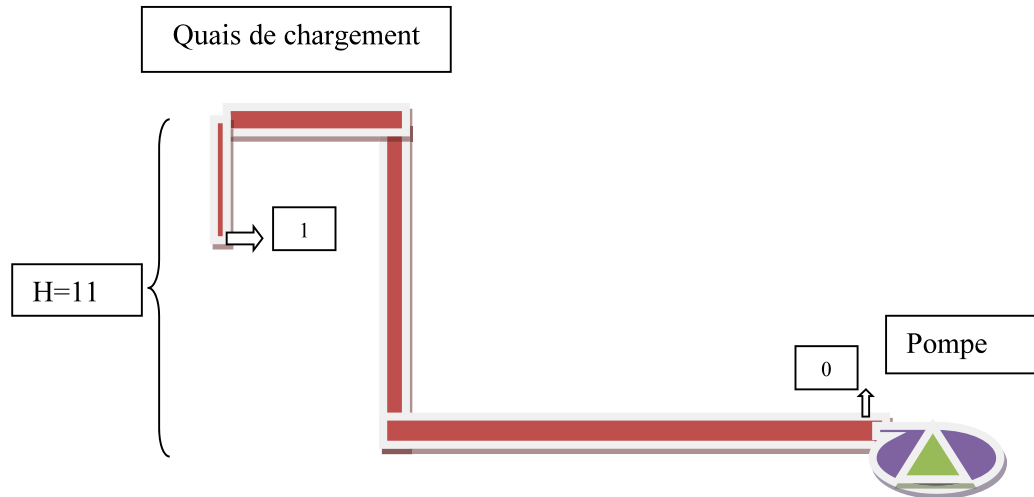


Figure IV.5 : Représentation schématique du circuit de refoulement

- Au point (0) c'est la pression de refoulement(P_r) et le point (1) la pression à la sortie (P_s) le théorème de Bernoulli entre les points 0 et 1 donne :

$$P_r + \frac{1}{2} \rho V_r + \rho g z_r = P_s + \frac{1}{2} \rho V_s + \rho g z_s + \Delta P$$

$$P_r = P_s + \frac{1}{2} \rho (V_s^2 - V_r^2) + \rho g Z + \Delta P \dots\dots\dots (4.4)$$

Avec $(Z_s - Z_r) = Z$

À l'aide de l'équation (3.4) on peut calculer la pression nécessaire à la sortie de la pompe,

P_r : C'est la pression au refoulement

P_s : Pression à la sortie de la pompe

Dans ce qui suit pour faire le choix des pompes on a besoin d'exprimer la perte de charge sous forme de hauteur :

$$\Delta H = \Delta p \times \frac{1}{\rho g}$$

Tableau IV.11 : Récapitulatif de pertes de charge en fonction de débit

Débit (m ³ /h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	ΔH	H Disponible
0	0	0	0	27
150	3024,16	3628,99	0,48	27,48
300	13593,95	16312,74	2,18	29,18
450	30690,18	36828,21	4,93	31,93

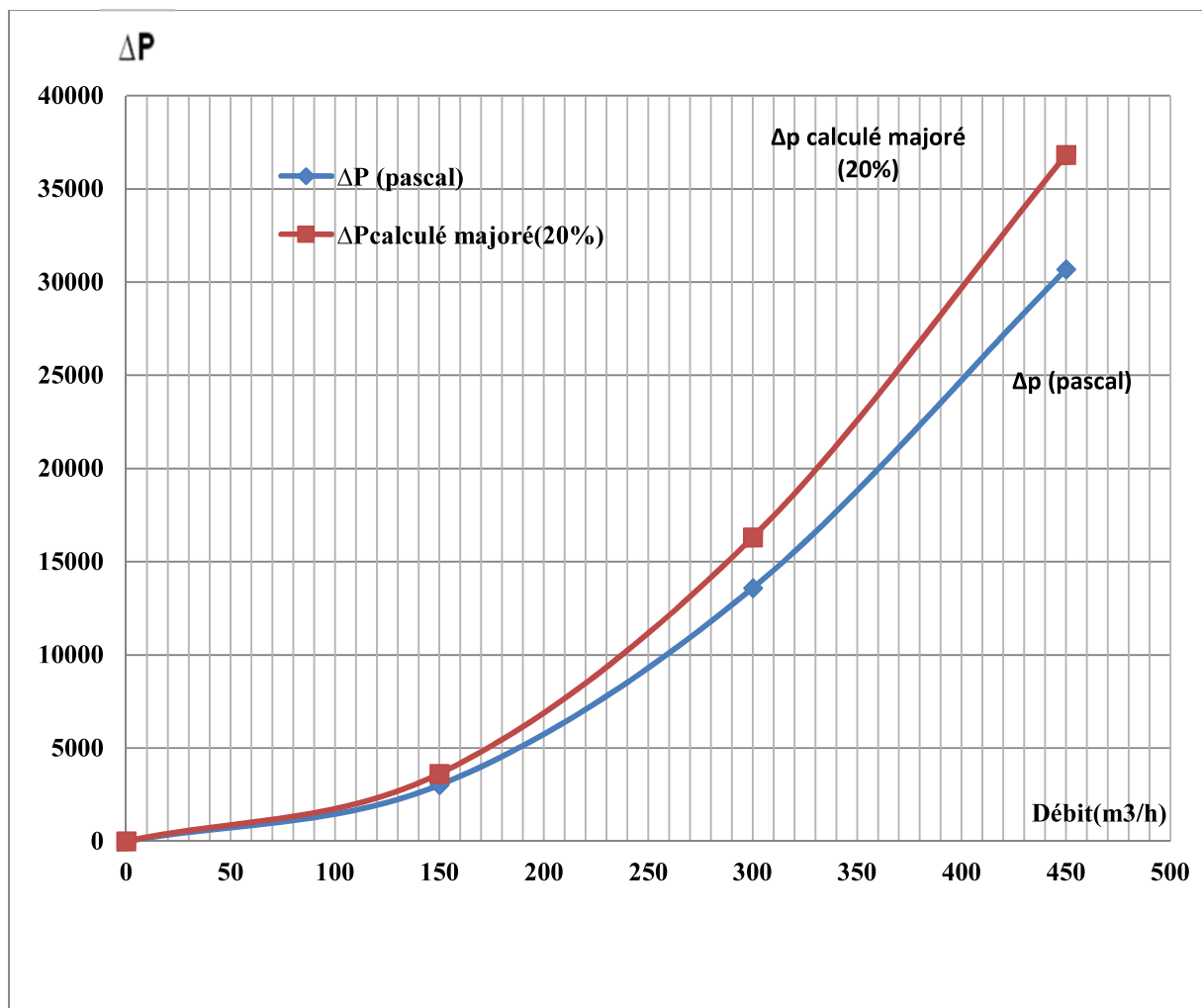


Figure IV.6 : Représente la perte de charge en fonction de débit

IV.1.11- Choix des pompes

Les pompes à installer sont identique et placées en parallèles Cherchons d’abord le point de fonctionnement dans le cas où une seule pompe et en service.

Pour cela on a représenté la caractéristique du circuit (données du tableau IV.11) ainsi que la caractéristique de la pompe centrifuge fournie par le constructeur MEN. (Voir annexe B) pour quatre différents diamètres de roue. Les hauteurs manométrique relevées sont résumées dans le tableau (IV.11) pour tous les débits distincts (150,300 et 450m³/h)

Sur le graphe de la figure (IV.7) on remarque que le diamètre de la roue répondant au mieux et pouvant assurer le fonctionnement et de diamètre $\varnothing= 289$ mm

- Cas d’une seule pompe en service

Tableau IV.12 : Représente courbe caractéristique de la pompe et perte de charge pour les différents diamètres de la roue en fonction de débit.

Qv (m ³ /h)	∅289	∅306	∅323	∅340	ΔH+27(m)
0	31	35,5	39	43	27
150	29	34	37	41,8	27,48
300	18	25	28	33	29,18
450					31,93

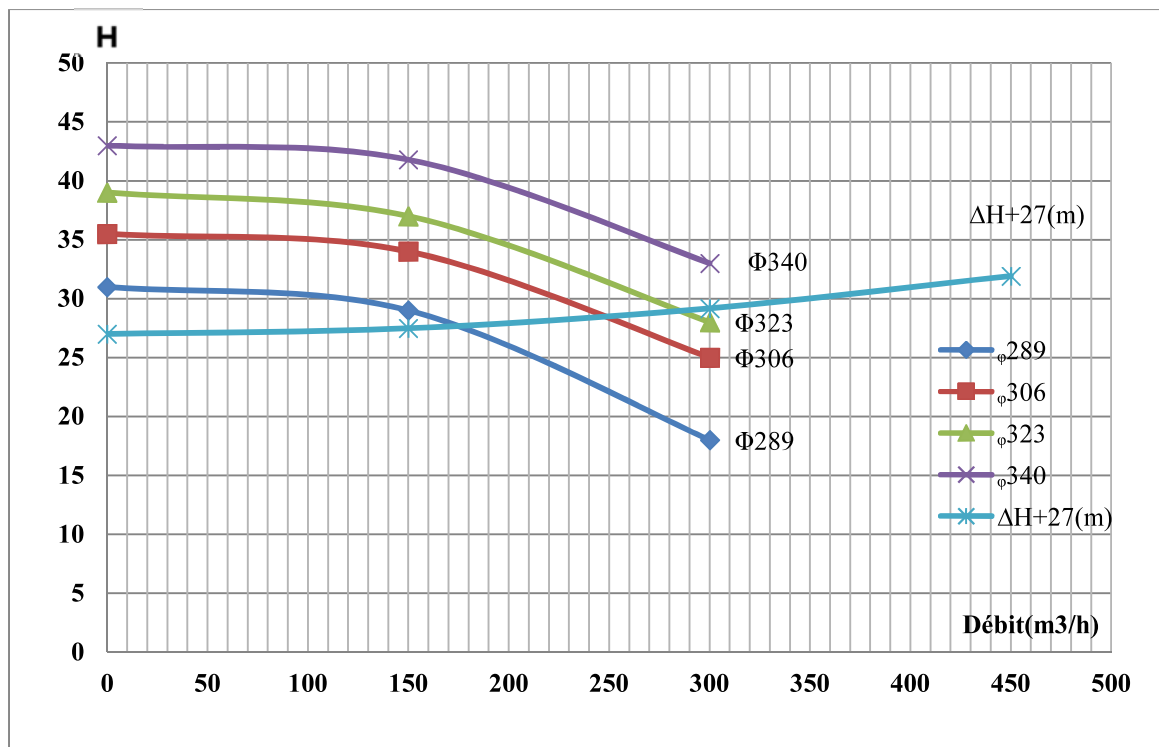


Figure IV.7 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit essences en fonction de débit

Le point d'intersection de la courbe caractéristique du circuit et celle de la pompe a été vérifié qu'il correspond tel et bien au point ou à la zone ou le rendement de la pompes est maximale (voir fig.IV.8) donnée également dans l'annexe B.

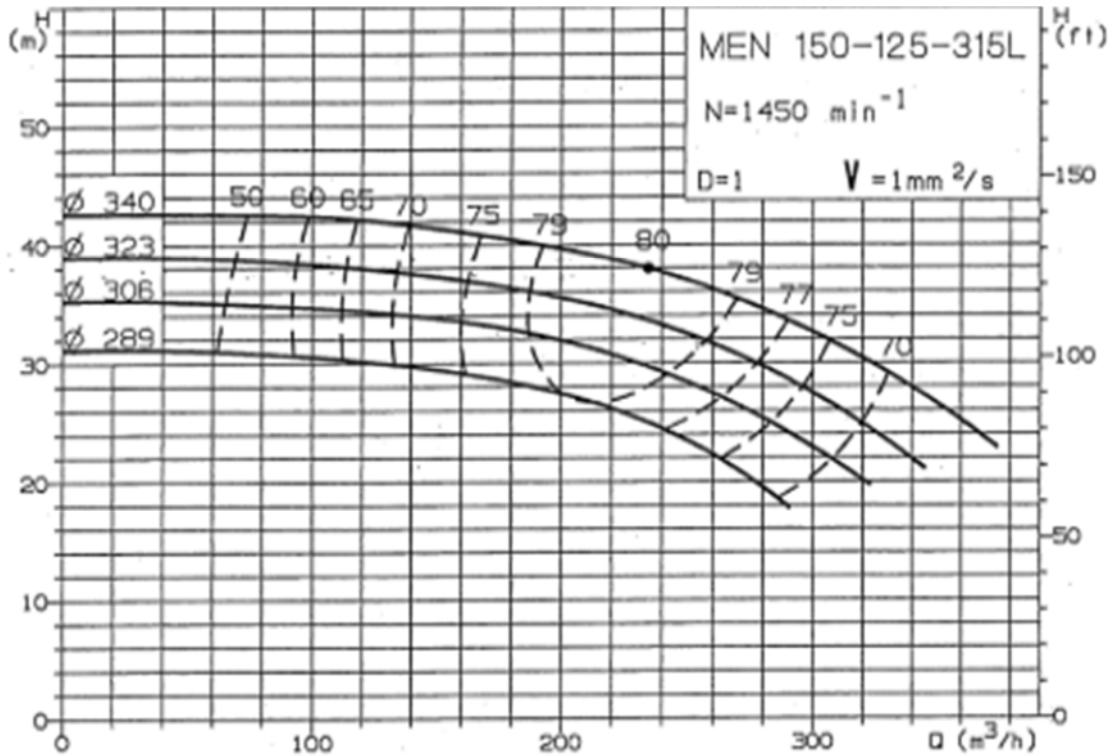


Figure IV.8 : Courbe caractéristique des rendements [Ref 2].

- Cas de deux ou plusieurs pompes en services

Comme il a été signalé précédemment les pompes sont identiques et installées en parallèle.

Ce qu'implique donc que la hauteur manométrique délivrée par la pompe P7, (voir fig. IV.1) sera la même pour les trois autres pompes (P8, P9, P10) en revanche les débits s'ajoutent.

Vérifiant maintenant si avec une telle pompe, on pourra assurer les débits nécessaires à des charges élevées. Les caractéristiques équivalentes en fonction de nombre des pompes en service sont données dans le (tableau IV.13) et représentées.

Tableau IV.13 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit

	Q (m ³ /h)	Hauteur pompe	H Disponible
1 Pompe	0	31	27
	150	29	27,48
	300	18	29,18

2 Pompes	0	31	27
	300	29	27,48
	600	18	29,18
3 Pompes	0	31	27
	450	29	27,48
	900	18	29,18
4 Pompes	0	31	27
	600	29	27,48
	1200	18	29,18

La figure (IV.9) montre les points de fonctionnement obtenue pour une, deux, trois et quatre pompes en service. Ces points représentent les points d'intersection des courbes caractéristique du circuit et celles des pompes .ils ont été choisis et sélectionnés parmi plusieurs courbes caractéristique de pompe ayant des hauteur manométrique allant de 20 à 140 m et pour des débit de 10 à b150 m³/h.

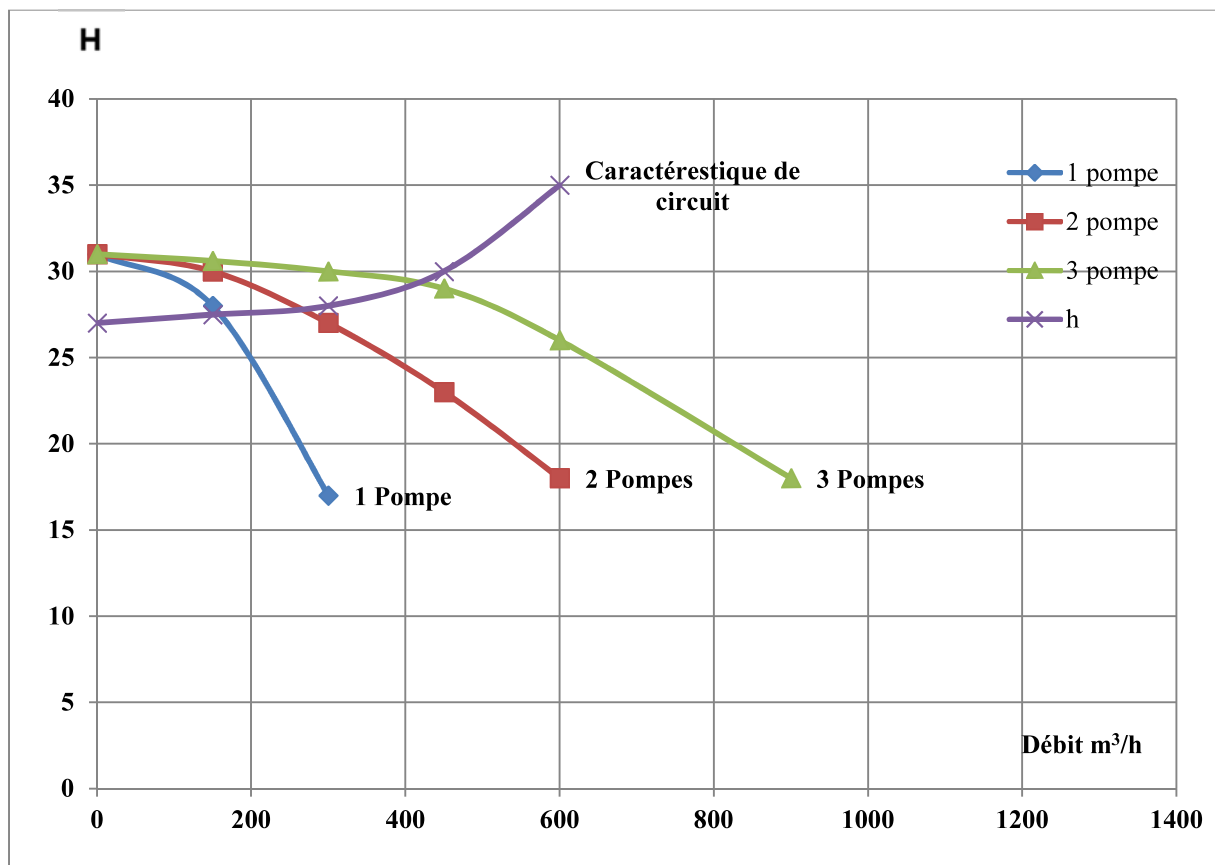


Figure IV.9 : Caractéristique équivalent des pompes placées en parallèle et celle de circuit

Les caractéristiques des pompes choisies pour le circuit chargement sont les suivantes

- Diamètre = 289 mm
- Puissance = 26 kW
- Rendement = 75 %
- Vitesse = $1450 \frac{tr}{min}$

Les dimensions se rapportant à l'encombrement du groupe moteur-pompe sont données en détail à l'annexe B [Ref 2].

Une fois l'étude hydraulique du circuit chargement essences est achevée, la même procédure a été suivie pour le circuit de déchargement et elle est présentée dans la deuxième partie de ce présent chapitre.

Deuxième partie :

Circuit déchargement

Les figures (IV.10) et (IV.11) représentés respectivement l'aspiration et refoulement du circuit essences ci-dessous.

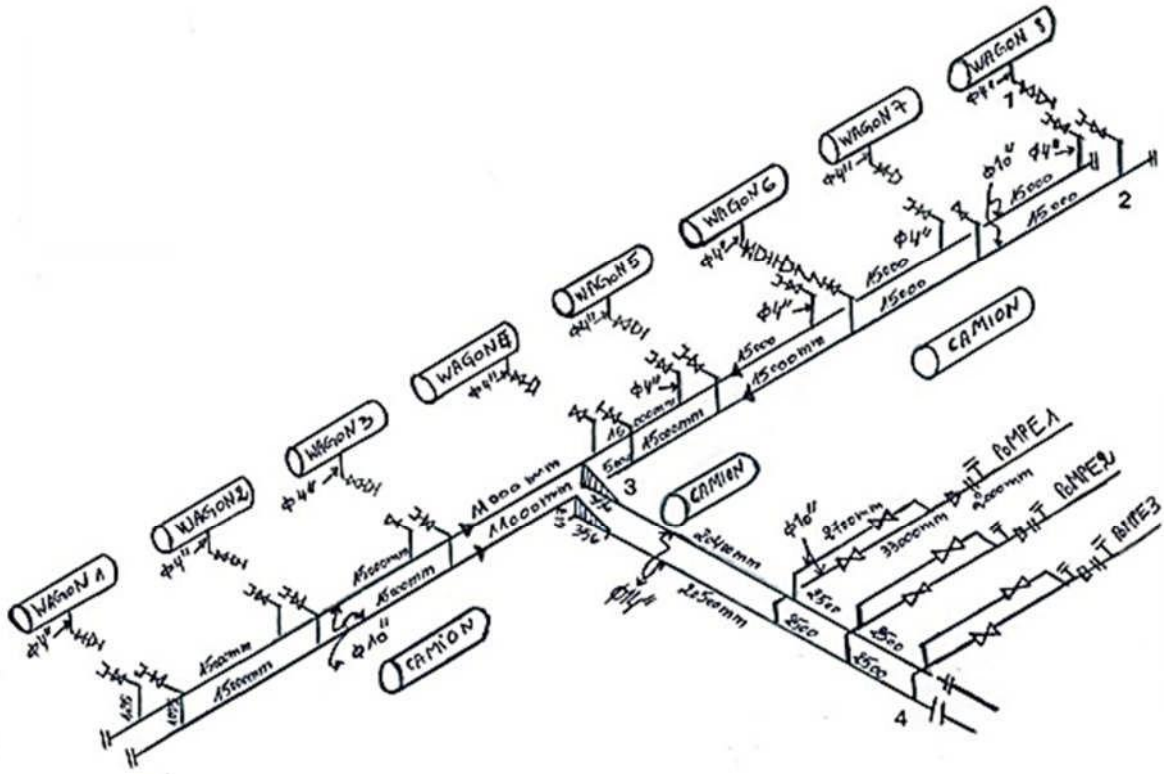


Figure IV.10 : Circuit aspiration pour le cas de déchargement essences wagon vers les pompes [Ref 1 et Ref 6].

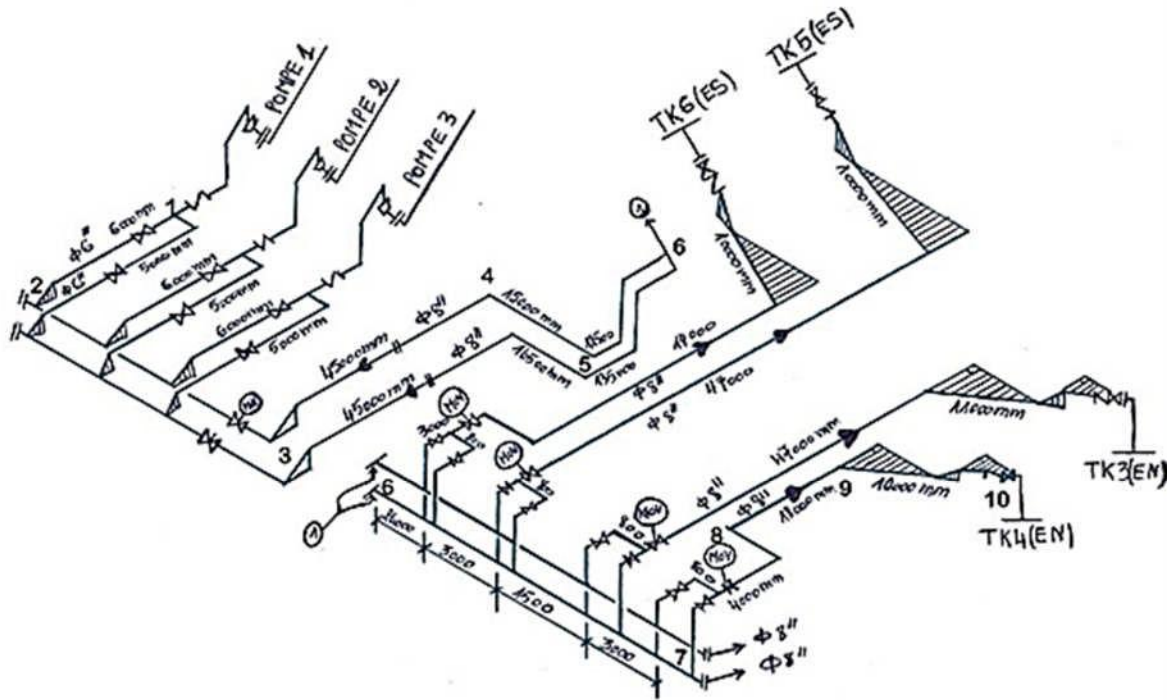


Figure IV.11 : Circuit refoulement pour le cas de déchargement essences à partir des pompes vers les réservoirs [Ref 1 et Ref 6].

IV.2.1- Description au circuit d'aspirations

L'essence est aspirée au bas d'un des (7) wagons pour l'essence normale ou l'essence super,

Dans notre étude, pour le calcul hydraulique on a pris le cas le plus défavorable présentant une perte de charge plus élevée c'est-à-dire (le circuit le plus éloigné de la station de pompage) la branche la plus longue à l'entrée démarrant de la sortie du wagon jusqu'à l'entrée de la pompe (P1, P2, P3) a été donc considérée pour l'évolution des pertes de charge.

La branche considérée contient 6 singularités suivantes :

- Convergent
- 3 Coude 90°
- 2 TE'

Les tronçons droits ont pour dimensions les caractéristiques suivantes

Tableau IV.14 : Dimensionnement des tronçons droits de circuit aspiration pour le chargement représenté dans la (figure IV.10)

Composante	Diamètre (pouce)	Longueur (m)	L/d	Section (m)
Tronçon droit 1-2	0.1016 (4'')	1.3	13.12	0.008
Tronçon droit 2-3	0.254 (10'')	65	255.9	0.05
Tronçon droit 3-4	0.3556 (14'')	21.46	60.37	0.099
Tronçon droit 4-5	0.254 (10'')	35	137.7	0.05

IV.2.2- Description du circuit refoulement

L'essence est refoulée vers l'un des deux bacs car l'autre il est à sa phase de chargement par le biais des pompes (P1, P2 et P3) la également pour le calcul hydraulique, le circuit le plus long a été considéré. Ce dernier est numéroté sur la figure (IV.11) et va de la sortie de la pompe jusqu'au bac de stockage.

Le circuit refoulement contient 12 singularités suivantes

- Une vanne à passage direct
- 2 Vanne motorisé
- 4 Coude 45°
- 2 TE'
- 3 Coude 90°

Les tronçons droits ont pour dimensions la caractéristique suivante :

Tableau IV.15 : Dimensionnement des tronçons droit du circuit refoulement.

Composante	Diamètre (m)	Longueur (m)	L/d	Section (m ²)
Tronçon 1-2	0.1524 (6'')	6	39.37	0.018
Tronçon 2-3	0.2032 (8'')	20.6	101.70	0.03241
Tronçon 3-4	0.2032 (8'')	44.9	221	0.03241
Tronçon 4-5	0.2032 (8'')	16.4	81.20	0.03241
Tronçon 5-6	0.2032 (8'')	134.9	664.35	0.03241
Tronçon 6-7	0.2032 (8'')	33.5	164.86	0.03241
Tronçon 7-8	0.2032 (8'')	4	19.68	0.03241
Tronçon 8-9	0.2032 (8'')	18	88.59	0.03241
Tronçon 9-10	0.2032 (8'')	10	49.21	0.03241

IV.2.3- données de calcul

- Débit volumique : Q_v
 - 1 Pompe mise en service : 150 m³/h
 - 2 Pompes mise en service : 300 m³/h
 - 3 Pompes mise en service : 450 m³/h
 - 4 Pompes mise en service : 600 m³/h
- Température moyenne $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Masse volumique de l'essence $\rho = 760\text{ kg/m}^3$
- Débit massique : $Q_m = Q_v \times \rho$
 - 1 Pompe : 114000 kg/h
 - 2 Pompes : 228000 kg/h
 - 3 Pompes: 342000 kg/h
 - 4 Pompes: 456000 kg/h
- G : étant la vitesse massique $G = \frac{Q_m}{A}$
 - Ou A est la section de passage du fluide dans le tube
- Viscosité dynamique ($\mu = 6 \times 10^{-7}\text{ m}^2/\text{s}$)
- Rugosité relative des pipes $\varepsilon = 0.045$

IV.2.4- Perte de charge linéaire

Les coefficients de perte de charge linéaire des différents tronçons droits donnés dans le (tableau IV.16) pour les différentes vitesses massiques évaluées à l'aide du diagramme de Moody sont résumés dans le tableau ci-après

	Diamètre hydraulique	Nombre de pompes	G (kg/m ² s)	$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$	Facteur λ
Aspiration	0.1016 (4'')	1	3952	6.60 E+8	0.016
		3	11875	1.98 E+8	0.016
	0.254 (10'')	1	632.32	2.64 E+8	0.013
		3	1900	7.94 E+8	0.013
	0.3556 (14'')	1	319.35	1.88 E+8	0.013
		3	959.55	5.67 E+8	0.013

Refoulement	0.1524 (6'')	1	1712.08	4.34 E+8	0.014
		2	3479.67	8.78 E+8	0.014
		3	5219.78	1.52 E+9	0.014
	0.2032 (8'')	1	961.72	3.2 E+8	0.014
		2	1954.62	6.59 E+8	0.014
		3	2932.09	9.92 E+8	0.014

IV.2.5- Perte de charge singulière

a)- Circuit aspiration :

- Convergent

$$K = \left(\frac{1}{\mu^{-1}} \right)^2 \sin \alpha \quad \text{Avec} \quad \mu = \frac{S_c}{S_2} \quad (\text{Figure (II.2) [Ref 13]})$$

$$K = 0.37$$

- Coude 90° $k = \alpha/\pi [0.131 + 1.847(D/R)^{7/2}]$ (Figure (II.2) [Ref 1])

$$k = 0.654$$

- TE' : est donne par le constructeur

$$K = 3.1$$

b)- Circuit refoulement :

- Une vanne à passage direct $k = 0.32$

- Vanne motorisé $k = 0.27$ [Ref 6]

- Coude 45° $k = \alpha/\pi [0.131 + 1.847(D/R)^{7/2}]$

$$k = 0.084$$

- TE' $k = 3.4$ [Ref 6]

- Coude 90° $k = \alpha/\pi [0.131 + 1.847(D/R)^{7/2}]$

$$k = 0.169$$

IV.2.6- Résultats

Pour une seule pompe en service, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.16)

a) circuit aspiration :

Tableau IV.17 : Calcul de la perte de charge pour (150 m³/h)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP _i [Pa] Eq(II.10)	ΣΔP [Pa]
Tronçon droit [1-2]	3952	6.60*10 ⁸	0.016	13.12	-	10275.2	2156.9	2156,9
Convergent	3952	6.60*10 ⁸	0.016	-	0.37	10275.2	3801.82	5958,72
Coude 90°	3952	6.60*10 ⁸	0.013	-	0.169	10275.2	1736.50	7695,22
Tronçon droit [2-3]	632.32	2.64*10 ⁸	0.013	255.9	-	263.04	875.05	8570,27
TE'	632.32	2.64*10 ⁸	0.013	-	3.1	263.04	815.42	9385,69
Coude 90°	632.32	2.64*10 ⁸	0.013	-	0.169	263.04	44.45	9430,14
Tronçon droit [3-4]	319.35	1.88*10 ⁸	0.013	60.37	-	67.09	52.65	9482,79
TE'	319.35	1.88*10 ⁸	0.013	-	3.23	67.09	216.70	9699,49
Coude 90°	632.32	2.64*10 ⁸	0.013	-	0.169	263.04	26.30	9725,79
Tronçon droit [4-5]	632.32	2.64*10 ⁸	0.013	98.42	-	263.04	336.54	10062,33

La perte de charge totale du circuit aspiration pour un débit de 150 m³/h, est égale à **10062** Pa.

Pour trois pompes en service correspondant à un débit de 450 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau III.20)

Tableau III.18 : Pertes de charges aspiration (450 m³/h)

Tableau Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [Pa]	ΔP _i [Pa] Eq(II.10)	ΣΔP [Pa]
Tronçon droit [1-2]	11875	1.98*10 ⁸	0.016	13.12	-	92773.43	19475	19475
Convergent	11875	1.98*10 ⁸	0.016	-	0.37	92773.43	34326.1	53801,1
Coude 90°	11875	1.98*10 ⁸	0.013	-	0.169	92773.43	15671.94	69473,04
Tronçon droit [2-3]	1900	7.94*10 ⁸	0.013	255.9	-	2375	7900.91	77373,95
TE'	1900	7.94*10 ⁸	0.013	-	3.1	2375	7362.5	84736,45
Coude 90°	1900	7.94*10 ⁸	0.013	-	0.169	2375	401.37	85137,82
Tronçon droit [3-4]	959.55	5.67*10 ⁸	0.013	60.37	-	605.80	475.43	85613,25
TE'	959.55	5.67*10 ⁸	0.013	-	3.23	605.80	1956.73	87569,98
Coude 90°	1900	7.94*10 ⁸	0.013	-	0.1	2375	237.5	87807,48
Tronçon droit [4-5]	1900	7.94*10 ⁸	0.013	98.42	-	2375	3038.75	90846,23

La perte de charge totale d'un circuit aspiration pour un débit de 450 m³/h est égale **90846.23** Pa

b)- Circuit refoulement :

Pour une seule pompe en service correspondant à un débit de 150 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous tableau III.21

Tableau III.19 : Pertes de charges refoulement (150 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [pa]	ΔP_i [Pa] Eq(II.10)	$\Sigma \Delta P$ [pa]
Vanne à passage direct	1712.08	4.34*10 ⁸	0.014	-	0.32	1928.45	617.10	617.10
Coude 45°	1712.08	4.34*10 ⁸	0.014	-	0.084	1928.45	161.98	779.09
TE'	1712.08	4.34*10 ⁸	0.014	-	3.4	1928.45	6556.7	7335.82
Tronçon droit [1-2]	1712.08	4.34*10 ⁸	0.014	39.37	-	1928.45	1062.9	8398.74
Tronçon droit [2-3]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	101.70	-	608.49	866.39	9265.10
Coude 90°	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.169	608.49	102.83	9367.3
Coude 45°	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.084	608.49	51.11	9419.04
Tronçon droit [3-4]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	221.45	-	608.49	1886.50	11305.54
Coude 90°	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.169	608.49	102.83	11408.37
Tronçon droit [4-5]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	81.20	-	608.49	691.73	12100.10
Tronçon droit [5-6]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	664.37	-	608.49	5659.67	17759.77
Tronçon droit [6-7]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	164.862	-	608.49	1404.44	19164.18
TE'	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	3.58	608.49	2178.39	21342.57
Tronçon droit [7-8]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	19.68	-	608.49	167.65	21510.22
Vanne	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.27	608.49	164.29	21674.51
Coude 90°	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.169	608.49	102.83	21777.34
Tronçon droit [8-9]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	88.58	-	608.49	754.60	22531.9
Coude 45°	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.084	608.49	51.11	22583.01
Coude 45°	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.084	608.49	51.11	22634.12
Tronçon droit [9-10]	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	49.21	-	608.49	419.21	23053.33
Vanne	961.72	3.2*10 ⁸	0.014	-	0.27	608.49	164.29	23217.62

La perte de charge totale d'un circuit pour un débit de 150m³/h, est égale à **23217 Pa**

Pour deux (02) pompe en service, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau IV.20)

Tableau IV.20 : Pertes de charges refoulement (300 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	$G^2/2\rho$ [pa]	ΔP_i [Pa] Eq(II.10)	$\Sigma \Delta P$ [pa]
Vanne à passage direct	3479.67	$8.78 \cdot 10^8$	0.014	-	0.32	7965.85	2549.07	2549.07
Coude 45°	3479.67	$8.78 \cdot 10^8$	0.014	-	0.084	7965.85	669.13	3218.20
TE'	3479.67	$8.78 \cdot 10^8$	0.014	-	3.4	7965.85	27083.89	30302.09
Tronçon droit [1-2]	3479.67	$8.78 \cdot 10^8$	0.014	39.37	-	7965.85	4390.61	34692.7
Tronçon droit [2-3]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	101.70	-	2513.51	3578.7	38271.43
Coude 90°	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.169	2513.51	424.78	38696.21
Coude 45°	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.084	2513.51	211.13	38907.3
Tronçon droit [3-4]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	221.45	-	2513.51	7792.63	46699.99
Coude 90°	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.169	2513.51	424.78	47124.77
Tronçon droit [4-5]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	81.20	-	2513.51	2857.35	49982.12
Tronçon droit [5-6]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	664.37	-	2513.51	23369.30	73351.43
Tronçon droit [6-7]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	164.862	-	2513.51	5801.35	79152.78
TE'	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	3.58	2513.51	8998.36	88151.14
Tronçon droit [7-8]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	19.68	-	2513.51	692.52	88843.66
Vanne	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.27	2513.51	678.64	89522.30
Coude 90°	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.169	2513.51	424.78	89947.08
Tronçon droit [8-9]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	88.58	-	2513.51	3117.05	93064.13
Coude 45°	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.084	2513.51	211.13	93275.26
Coude 45°	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.084	2513.51	211.13	93486.39
Tronçon droit [9-10]	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	49.21	-	2513.51	1731.65	95218.04
Vanne	1954.62	$6.59 \cdot 10^8$	0.014	-	0.27	2513.51	678.64	95896.68

La perte de charge totale d'un circuit pour un débit de 300 m³/h est égale à **95896 Pa**

Pour deux (03) pompe en service correspondant à un débit de 450 m³/h, les pertes de charge calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous tableau IV.21

Tableau IV.21 : Pertes de charges refoulement (450 m³/h)

Sous composant	G [kg/m ² s]	Re= $\frac{\rho VD}{\mu}$ Eq.(II.10)	λ	L/D	K	G ² /2ρ [pa]	ΔP _i [Pa] Eq(II.10)	ΣΔP [pa]
Vanne à passage direct	5219.78	1.52*10 ⁹	0.014	-	0.32	17925.06	5736.01	5736.01
Coude 45°	5219.78	1.52*10 ⁹	0.014	-	0.084	17925.06	1505.70	7241.71
TE'	5219.78	1.52*10 ⁹	0.014	-	3.4	17925.06	60945.20	68186.91
Tronçon droit [1-2]	5219.78	1.52*10 ⁹	0.014	39.37	-	17925.06	9879.93	78066.84
Tronçon droit [2-3]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	101.70	-	5656.05	8053.08	86119.9
Coude 90°	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.169	5656.05	955.87	287075.79
Coude 45°	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.084	5656.05	475.10	87550.89
Tronçon droit [3-4]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	221.45	-	5656.05	17535.45	105086.34
Coude 90°	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.169	5656.05	955.872	106042.21
Tronçon droit [4-5]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	81.20	-	5656.05	6429.79	112472.00
Tronçon droit [5-6]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	664.37	-	5656.05	52607.9	165079.9
Tronçon droit [6-7]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	164.86 2	-	5656.05	13054.38	178134.28
TE'	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	3.58	5656.05	20248.6	198382.93
Tronçon droit [7-8]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	19.68	-	5656.05	1558.35	199941.27
Vanne	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.27	5656.05	1527.13	201468.4
Coude 90°	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.169	5656.05	955.87	202424.27
Tronçon droit [8-9]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	88.58	-	5656.05	7014.18	209438.45
Coude 45°	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.084	5656.05	475.10	209913.55
Coude 45°	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.084	5656.05	475.10	210388.65
Tronçon droit [9-10]	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	49.21	-	5656.05	3896.67	214285.32
Vanne	2932.09	9.92*10 ⁸	0.014	-	0.27	5656.05	1527.13	215812.45

La perte de charge totale d'un circuit pour un débit de 450 m³/h est égale à **215812 Pa**

IV.2.7- Tableau récapitulatif

Dans le (Tableau IV.23) ci-après nous récapitulons le résultat obtenu pour les 4 débits différents

Afin de tenir compte des incertitudes on a multiplié la perte de charge obtenus par un coefficient de 1,2 les valeurs ainsi obtenus sont également présentées dans le (tableau IV.23)

Tableau IV.22 : Récapitulatif pertes de charge pour les différents débits.

Débit	Aspiration		Refoulement		
	ΔP calculée	ΔP majorée (20%)	ΔP calculée	ΔP majorée (20%)	ΔH
0	0	0	0	0	0
150	10062,33	12074,79	23217,62	27861,14	3,73
300	-	-	95896,68	115076,01	15,43
450	90846,23	109015,47	215812,45	258974,94	34,73

IV.2.8- Calcul de la pression d'admission

Le calcul de la perte de charge dans le circuit aspiration est utilisée pour calculer pression à l'aspiration et cela se fait en utilisons le théorème de Bernoulli avec les mêmes lois qui on a utilisé dans la première partie chargement ce qui nos as conduit à ces résultat :

Tableau IV.23 : Récapitulatif de pression d'aspiration et perte de charge pour différents débits

Débit (m ³ /h)	ΔP (pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	P_2
0	0	0	0
150	10062,33	12074,796	$1,12 \times 10^5$
450	90846,23	109015,476	$3,01 \times 10^4$

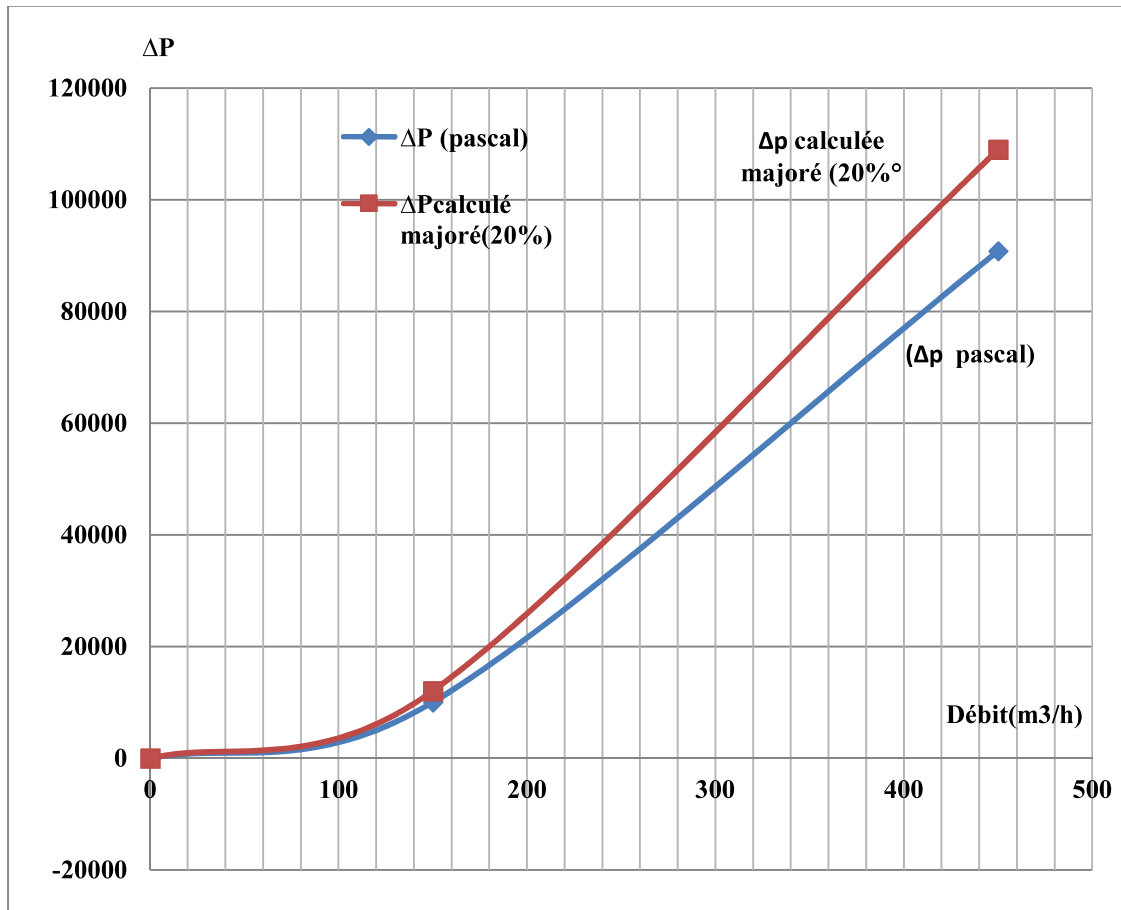


Figure IV.12 : La perte de charge pour circuit aspiration en fonction de débit.

IV.2.9- Calcul de la pression de refoulement pour l'essence

On utilisant Bernoulli est on suivant les mêmes procédures que on a utilisé dans la première partie chargement ce qui nos as conduit à ces résultat :

Tableau IV.24 : Tableau récapitulatif des pertes de charge

Débit (m ³ /h)	ΔP (Pascal)	ΔP calculée majorée (20%)	ΔH	H Disponible
0	0	0	0	21,74
150	23217,62	27861,14	3,73	25,47
300	95896,68	115076,01	15,43	37,17
450	215812,45	258974,94	34,73	56,47

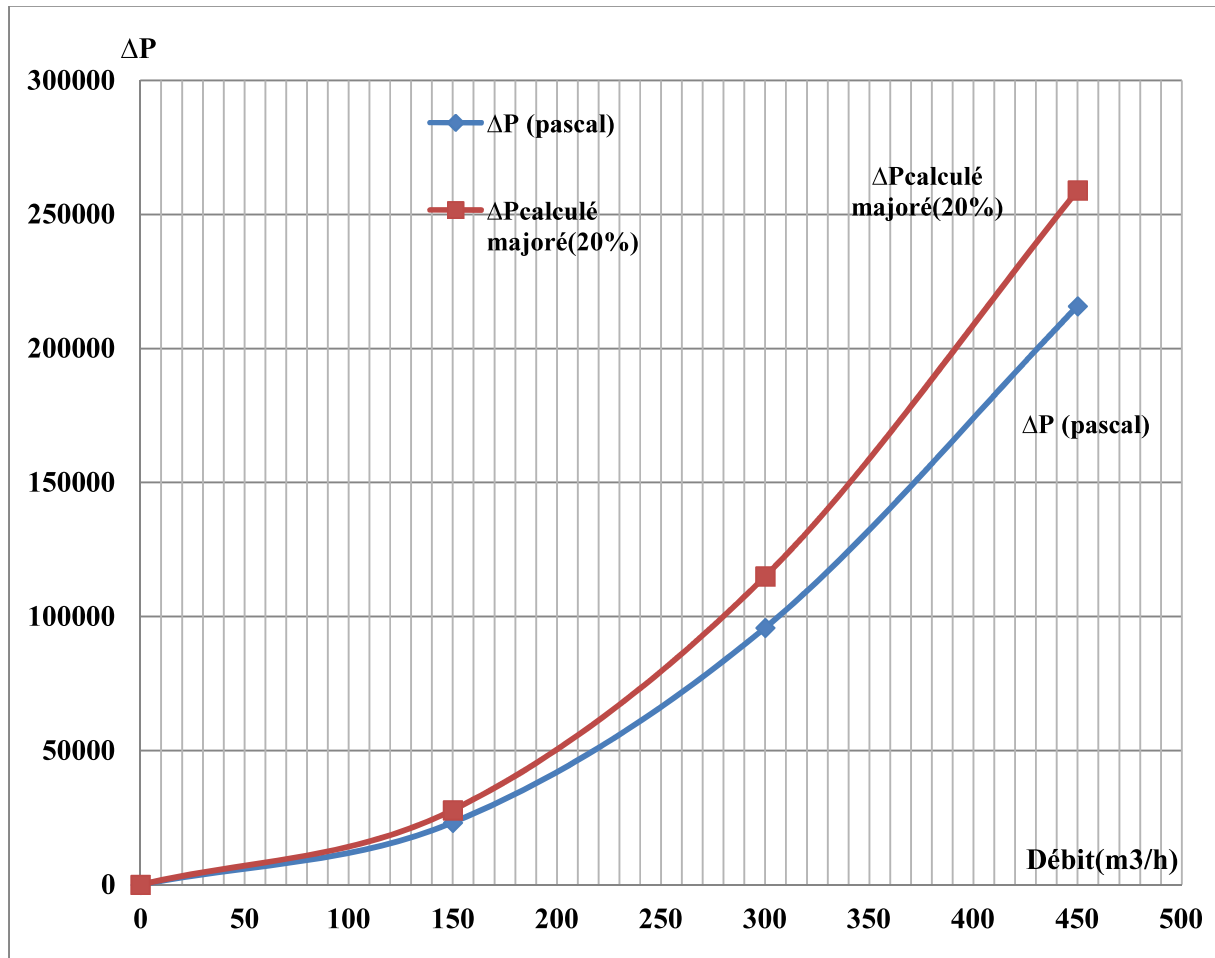


Figure IV.13 : Représente perte de charge en fonction de débit

IV.2.10- Choix des pompes

Les pompes à installer sont identiques et placées en parallèles cherchons d'abord le point de fonctionnement dans le cas où une seule pompe et en service.

Pour cela on a représenté la caractéristique du circuit donné du (tableau IV.24) ainsi que la caractéristique de la pompe centrifuge fournie par le constructeur MEN. (Voir annexe B) pour quatre différents diamètres de roue. Les hauteurs manométrique relevées sont résumées dans le tableau (IV.23) pour tous les débits distincts (150,300 et 450m³/h)

Sur le graphe de la figure (IV.14) on remarque que le diamètre de la roue répondant au mieux et pouvant assurer le fonctionnement et de diamètre $\varnothing = 278$ mm

- Cas d'une seule pompe en fonction :

Tableau IV.25 : Représente courbe caractéristique de la pompe et perte de charge en fonction de débit pour les différent diamètres de la roue

Qv (m ³ /h)	Ø278	Ø294	Ø310,5	Ø326,7	H Disponible
0	26,2	29	33	37	21,74
150	24	27	31	36	25,47
300	4	10	18	22	37,17
450					56,47

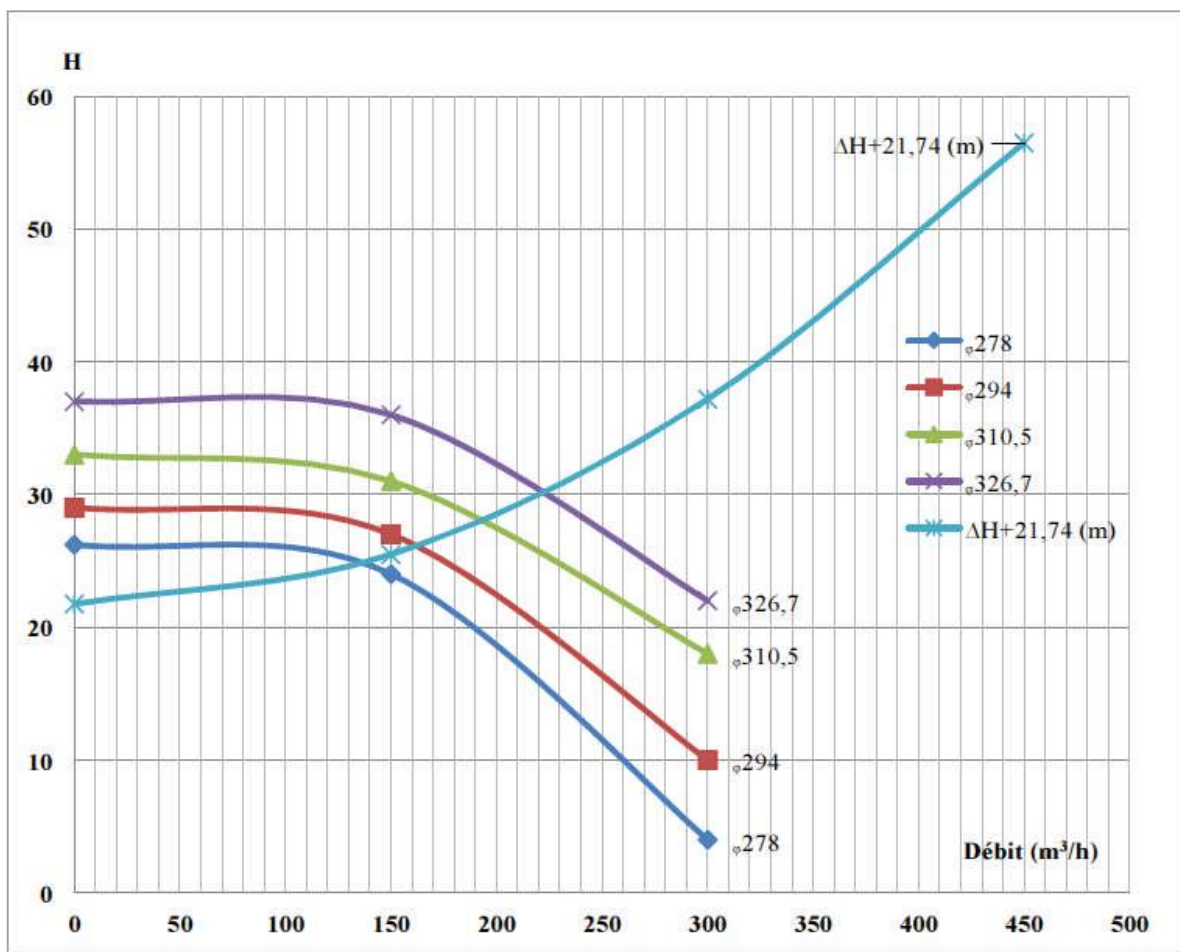


Figure IV.14 : Courbe caractéristique des pompes et de circuit gasoil en fonction de débit.

Le point d'intersection de la courbe caractéristique du circuit et celle de la pompe a été vérifié qu'il correspond tel et bien au point ou à la zone ou le rendement de la pompe est maximal (voir fig. IV.15) donnée également dans l'annexe B.

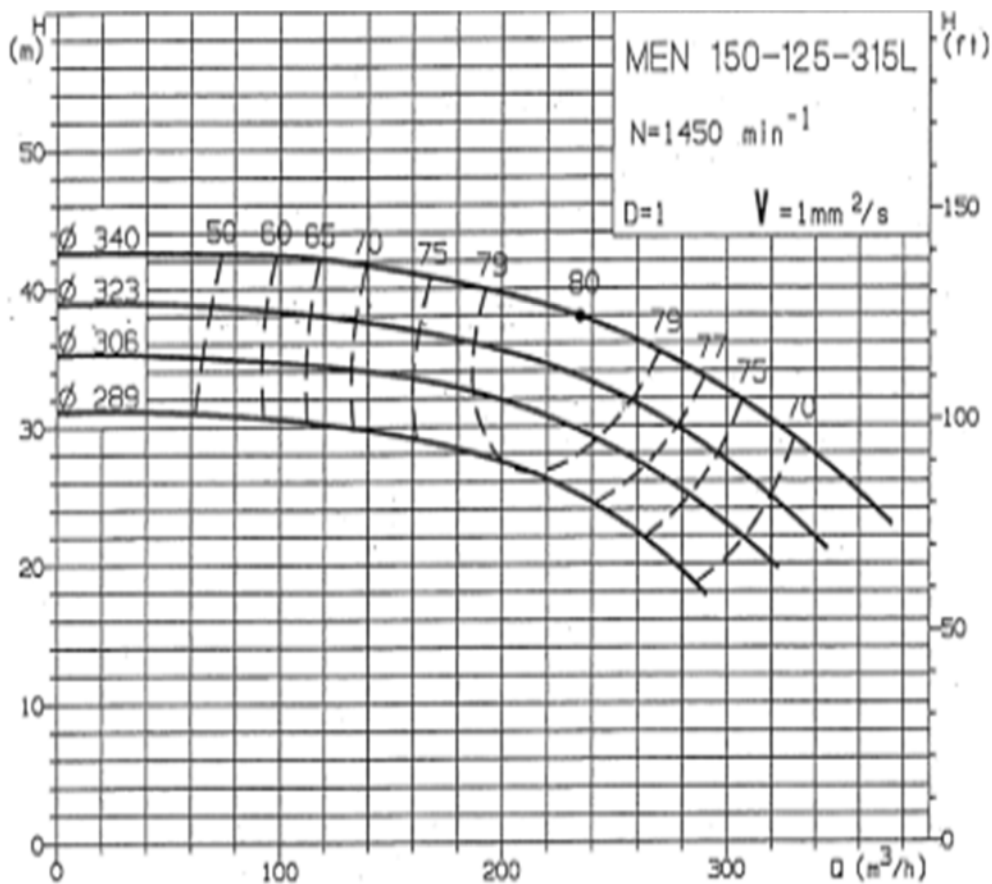


Figure IV.15 : Courbe caractéristique des rendements [Ref 2]

- Cas de deux ou plusieurs pompes en services.

Comme il a été signalé précédemment les pompes sont identiques et installées en parallèle.

Ce qu'implique donc que la hauteur manométrique délivrée par la pompe P3, (voir fig. IV.14) sera la même pour les trois autres pompes (P1 et P2) en revanche les débits s'ajoutent.

Vérifiant maintenant si avec une telle pompe, on pourra assurer les débits nécessaires à des charges élevées. Les caractéristique équivalentes en fonction de nombre des pompes en service sont données dans le (tableau IV.25) et représentées.

Tableau IV.26 : Tableau récapitulatif des pompes hauteur en fonction de débit

	Q (m ³ /h)	Hauteur pompe	H Disponible
1 Pompe	0	31	21.74
	150	29	22
	300	18	23
2 Pompes	0	31	21.74
	300	21	23
	600	18	25.47
3 Pompes	0	31	21.74
	450	29	24
	900	18	37.17
4 Pompes	0	31	21.74
	600	29	25.47
	1200	18	56.47

La figure (IV.16) montre les points de fonctionnement obtenu pour une, deux et trois pompes en service. Ces points représentent les points d'intersection des courbes caractéristique du circuit et celles des pompes. Ils ont été choisis et sélectionnés parmi plusieurs courbes caractéristique de pompe ayant des hauteurs manométrique allant de 20 à 140 m et pour des débits de 10 à 150 m³/h.

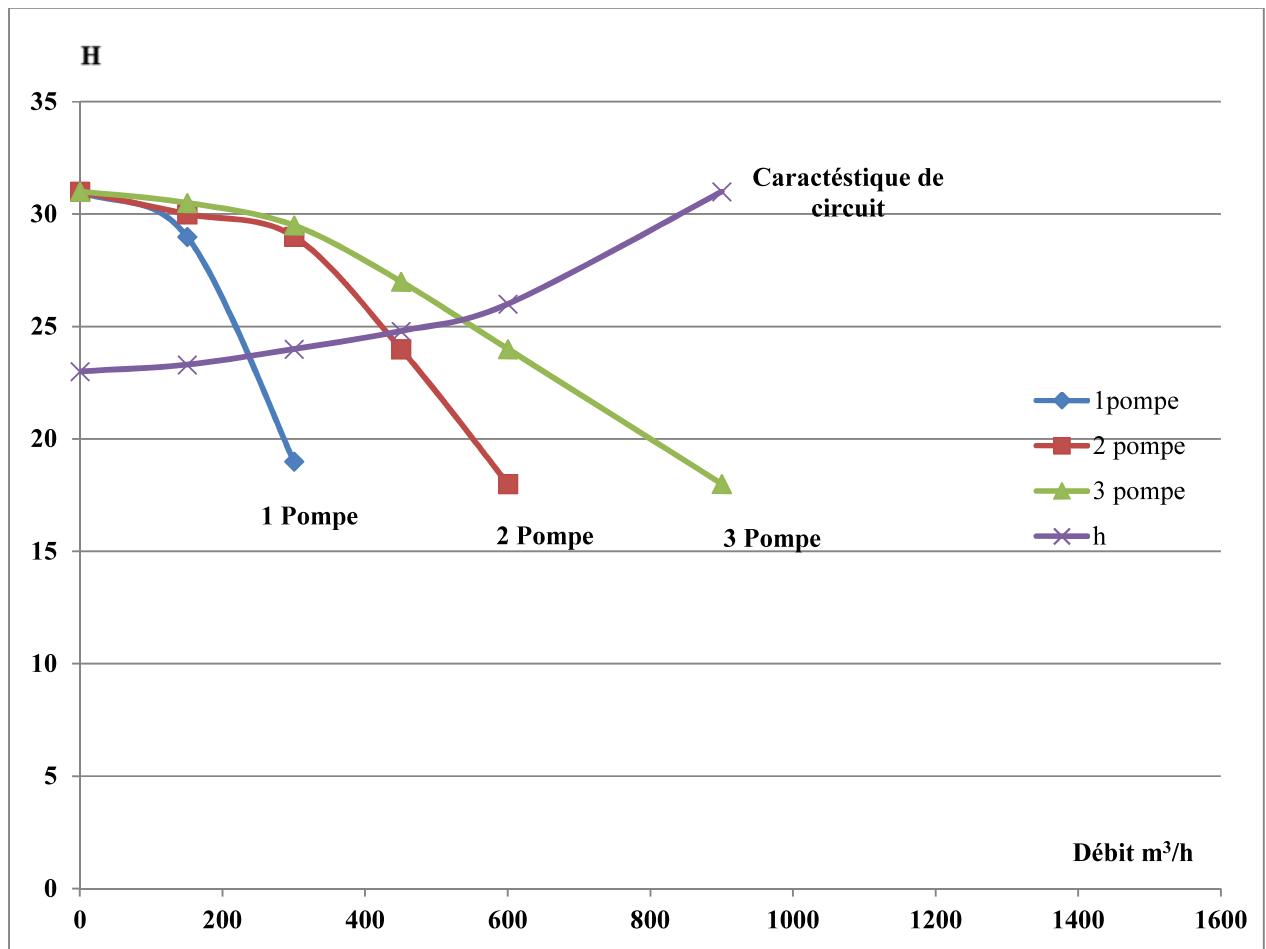


Figure VI.16: Caractéristique équivalentes des pompes placées en parallèle et celle de circuit.

Les caractéristiques des pompes choisies par le circuit déchargement sont les suivantes

- Diamètre = 345 mm
- Puissance = 19 kW
- Rendement = 80 %
- Vitesse = 1450 tr/min

Le catalogue détaillé fournie par le constructeur pour les hauteurs manométriques compris entre (20 m et 140 m) et débit de (10 à 150) sont données en annexe B [Ref 2].

IV.3- Étude technicoéconomique

Avant de conclure nous allons énumérer et récapituler les points essentiels de notre étude. Pour les circuits gasoil et essence, les longueurs des différents pipes utilisées sont résumées respectivement dans les tableaux ci-après :

		Circuit gasoil						Circuit essence					
Charge ment	D	4''	6''	8''	10''	12''	14''	4''	6''	8''	10''	12''	14''
	Aspirat ion	12 (2)	90.4 (16)	-	16 (3)	-	244 (41)	-	-	56 (10)	-	388 (65)	-
	Refoul ement	-	-	44 (8)	-	-	209 (35)	20 (4)	9.6 (2)	32 (6)	546 (91)	-	-
Décharg ement	Aspirat ion	114.31 (20)	-	131.49 (22)	-	-	-	9.1 (2)	-	-	200 (34)	-	42.9 (8)
	Refoul ement	-	9 (2)	350 (59)	-	-	-	-	18 (3)	620.6 (104)	-	-	-
Totale*		22	18	89	3	0	76	6	5	120	125	65	8

(*) Le nombre de longueur de 6 m [Ref 8].

Les valeurs entre parenthèses représentent le nombre de longueur de 6m nécessaires la réalisation du circuit en question. Les pipes sont disponibles et vendus dans le marché avec des longueurs de 6 m.

Les accessoires ou les singularités des deux circuits sont résumées comme suit :

Circuit Gasoil : Chargement
-Aspiration

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	0	0	0
6''	0	0	0	0
8''	0	4	4	0
10''	0	0	0	0
12''	0	0	0	0
14''	6	6	2	4

Circuit essence : Chargement
- Aspiration

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	0	0	0
6''	0	0	0	0
8''	0	12	8	4
10''	0	0	0	0
12''	8	22	14	22
14''	0	0	0	0

- Refoulement

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	4	4	4
6''	0	8	0	4
8''	0	0	0	0
10''	0	12	0	2
12''	2	3	1	6
14''	0	0	0	0

Circuit gasoil : Déchargement

- Aspiration

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	16	8	0
6''	0	0	0	0
8''	0	3	0	8
10''	0	0	0	0
12''	0	0	0	0
14''	0	0	0	0

- Refoulement

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	0	0	0
6''	0	0	0	0
8''	3	3	3	0
10''	0	0	0	0
12''	0	0	0	0
14''	0	0	0	0

- Refoulement

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	4	4	4
6''	0	8	0	4
8''	0	0	0	0
10''	0	12	0	2
12''	2	3	1	6
14''	0	0	0	0

Circuit essences : Déchargement

- Aspiration

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	16	8	0
6''	0	0	0	0
8''	0	0	0	0
10''	16	0	0	0
12''	0	0	0	0
14''	2	0	0	3

- Refoulement

	Coude 45°	Coude 90°	Vanne	TE'
4''	0	0	0	0
6''	4	3	6	0
8''	10	18	8	8
10''	0	0	0	0
12''	0	0	0	0
14''	0	0	0	0

Le déchargement et le chargement des gasoils est assuré par des pompes qui sont au nombre de 7 quatre pour le chargement et trois pour le déchargement.

Pour le circuit essences, quatre pompes pour le chargement et trois pompes pour le déchargement sont également utilisées.

Les prix pratiqués sur le marché national et fournis par la direction d'hydraulique de Tizi-Ouzou par mètre linéaire des pipes, des accessoires ainsi que les prix des pompes centrifuges sont donnés dans le tableau ci-après [Ref 8]:

Diamètre	4''	6''	8''	10''	12''	14''
Coude45°	5650 DA	5700 DA	5795 DA	5800 DA	5850 DA	5900 DA
Coude90°	5700 DA	5750 DA	5800 DA	5900 DA	6000 DA	6100 DA
Vanne	23000 DA	24000 DA	28000 DA	30000 DA	32000 DA	34000 DA
TE'	34000 DA	34500 DA	35000 DA	36000 DA	37000 DA	375000 DA
Longueur	3500 DA	3600 DA	3700 DA	3750 DA	3892 DA	4000 DA

Prix d'une pompe de 150 m³/h avec une hauteur manométrique entre (25-50 m) est : 4200000.00 DA [Ref 1]

Pompe de 160 m³/h avec une hauteur manométrique entre (25-50 m) est : 4800000.00 DA [Ref 1]

Selon NAFTAL le bac à toit fixe de capacité de 8000 m³ revient à 1200000.00 DA [Ref 1]

- Le bac à toit flottant de capacité de 5000 m³ cout 1600000.00 DA [Ref 1]
- Le prix d'achat des différents composants constituant le circuit gazoil se calcule donc comme suit :

Prix des pipes : 4782324.00 DA [Ref 9]

Prix des accessoires : 2402035.00 DA [Ref 9]

Prix des pompes : 31200000.00 DA [Ref 1 et Ref 3]

Prix des réservoirs : 24000000.00 DA [Ref 1 et Ref 3]

Le prix du circuit gazoil s'élève donc à **62384359.00 DA**

Pour le circuit essences on a :

Prix des pipes : 7420380.00 DA [Ref 9]

Prix des accessoires : 5680050.00 DA [Ref 9]

Prix des pompes : 31200000.00 DA [Ref 1 et Ref 3]

Prix des réservoirs : 64000000.00 DA [Ref 1 et Ref 3]

Le prix de circuit essence s'élève à **108300430.00 DA**

Ce prix est de 43% élevé au prix du circuit gazoil

Le coût total pour les deux circuits sans compter bien sur le système anti incendie s'élève à **170684789.00 DA**

Conclusion Générale

Tout le long de la préparation de notre projet de fin d'études nous avons essayé de mettre en pratique les connaissances acquises durant nos études universitaires et cela dans le but de vérifier le dimensionnement d'un centre de stockage de carburants.

Au cours de ce mémoire, nous avons appliqué les différentes notions classiques de la mécanique des fluides.

Les critères de vérification sont :

- Le calcul de la perte de charge pour chaque tronçon et en chaque point du circuit ;
- Tracer la courbe caractéristique de circuit et des pompes ;
- Faire un bon choix des pompes pour qui répond mieux au fonctionnement ;

D'après l'étude de vérification que nous avons réalisée, nous remarquons que les résultats obtenus sont presque identiques avec ceux existant sauf que pour améliorer le rendement des pompes et le bon fonctionnement de ce centre de stockage, il est préférable d'utiliser les pompes de type Jument Schneider.

Comme perspective nous souhaitons pour les prochains projets de fin d'étude d'élargir notre travail sur la partie dimensionnement.

Bibliographie :

- [1] NAFTAL 06.04.1981 : Société national de commercialisation et de distribution des produit pétrolier (Dar El-Beida et Oued-Aissi).
- [2] Jeumont-Schneider pompe 1964 : Entreprise française de construction électromécanique électrique électronique et nucléaire de dimensions européennes.
- [3] K S B, 20.05.1920 : Fabricants leaders mondial de pompes et de robinetterie offrant également une gamme complète d'activités de service.
- [4] Ouvrage mécanique des fluides appliquée (Roger Ouziaux : Professeur titulaire des universités centre de Lille de l'école nationale supérieur d'art et métiers) et (Jean Perrier : Professeur de mécanique générale à l'école nationale d'ingénieur de Strasbourg).
- [5] Livre mécanique des fluides précis Bréal (P. CHASSAING : Professeur à l'INTP ENSEEIHT chef de département de mécanique des fluide de l'ENSICA) (X.CARBONNEAU Enseignant Chercheur à l'ENSICA) (J-b Cazalbou Enseignant Chercheur à l'ENSICA) (L. JOLY Enseignant Chercheur à l'ENSICA Dr Hdr)
- [6] SOCETEC (33 Rue Armand 93carrel 93513 MONREUIL-France).
- [7] MEMENTO des pertes de charge par : Idel' Ciki
- [8] Hydraulique Ressource en Eau Algérie. 1970
- [9] ANNABIB : Entreprise National De Tubes et Transformations de Produits. 1983
- [10] Lewis Ferry Moody en 1944 publie un graphique représentent le facteur de friction de Darcy-Weisbach en fonction du Nombre de Reynolds (Re) pour diverses valeurs de rugosité relative.

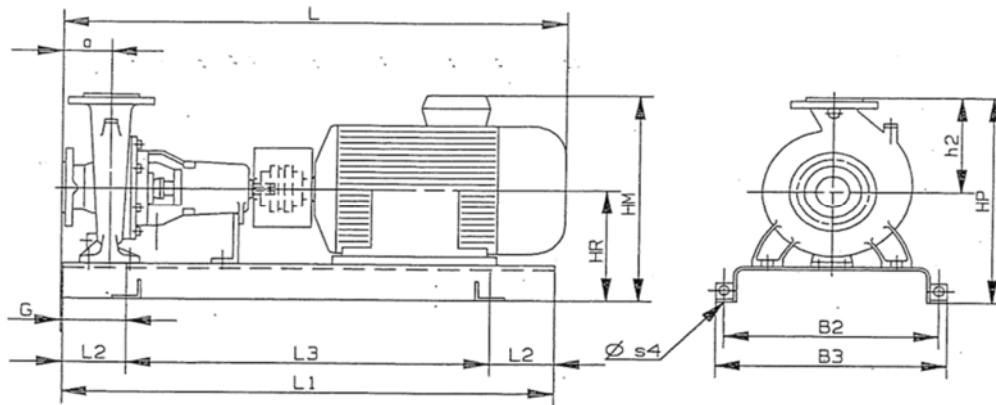
Annexe B

	CATALOGUE IRRIGATION Fiche technique - <i>Technical data</i>	MEN-MHP Page 95
---	---	--------------------

Groupes MEN 125-100-400, 125-100-400L, 150-125-250L, 150-125-315L
 Pump sets MEN 125-100-400, 125-100-400L, 150-125-250L, 150-125-315L

- Encombremments groupes - Pumps sets dimensions

1450 tr/min
 1450 r.p.m.



MEN	Moteur Motor			Implantation Layout					Raccordement aux tuyauteries Connection to pipes					cotes liées au moteur Dimensions depending on the motor		Encombrement hors tout Overall dimensions			Masse Weight kg	
	Type Size	kW	CV HP	B2	B3	L1	L2	L3	S4	a	G	h2	HP	HR	HM	L	Haut Height	Larg. Width		Long. Length
																	758	660		1600
125-100-400	F180M	18,5	22	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	671	1340	758	660	1600	495
	F180L	22	30	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	671	1378	758	660	1600	505
	P180L	30	40	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	645	1281	758	660	1630	469
	P200M	37	50	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	673	1443	758	660	1630	518
125-100-400L	F180L	22	30	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	671	1378	758	660	1600	505
	P180L	30	40	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	645	1281	758	660	1630	469
	P200M	37	50	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	673	1443	758	660	1630	518
	P200L	45	60	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	723	1466	758	660	1630	576
150-125-250L	F160L	15	20	490	540	1250	205	840	22	140	255	355	708	353	599	1252	708	540	1300	300
	F180M	18,5	25	490	540	1250	205	840	22	140	255	355	708	353	621	1280	708	540	1300	336
	F180L	22	30	490	540	1250	205	840	22	140	255	355	708	353	621	1318	708	540	1318	358
150-125-315L	P180L	30	40	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	645	1281	758	660	1630	449
	P200M	37	50	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	673	1443	758	660	1630	464
	P200L	45	60	600	660	1600	270	1060	26	140	300	355	758	403	723	1466	758	660	1630	509

Moteur : F = Fermé ; P = Protégé

Motor : F = Totally enclosed ; P = Drip-proof

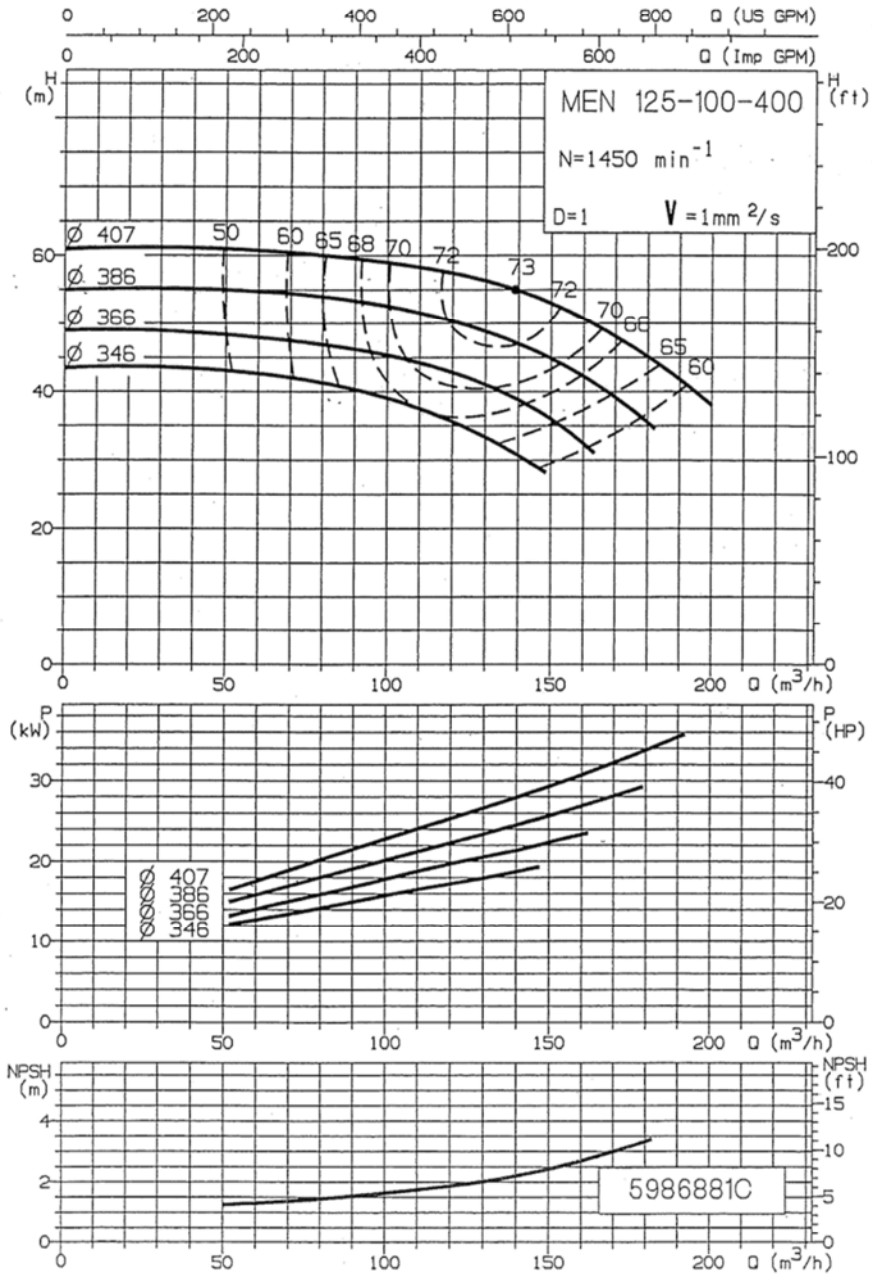


Brides - Flanges		
DN	100	125
W	156	184
X	180	210
Y	220	250
Z	8	8
d1	19	19

Brides - Flanges		
MEN	Aspiration	Refoulement
	Suction	Discharge
	DN	DN
125-100-400	125	100
125-100-400L	125	100
150-125-250L	150	125
150-125-315L	150	125



MEN

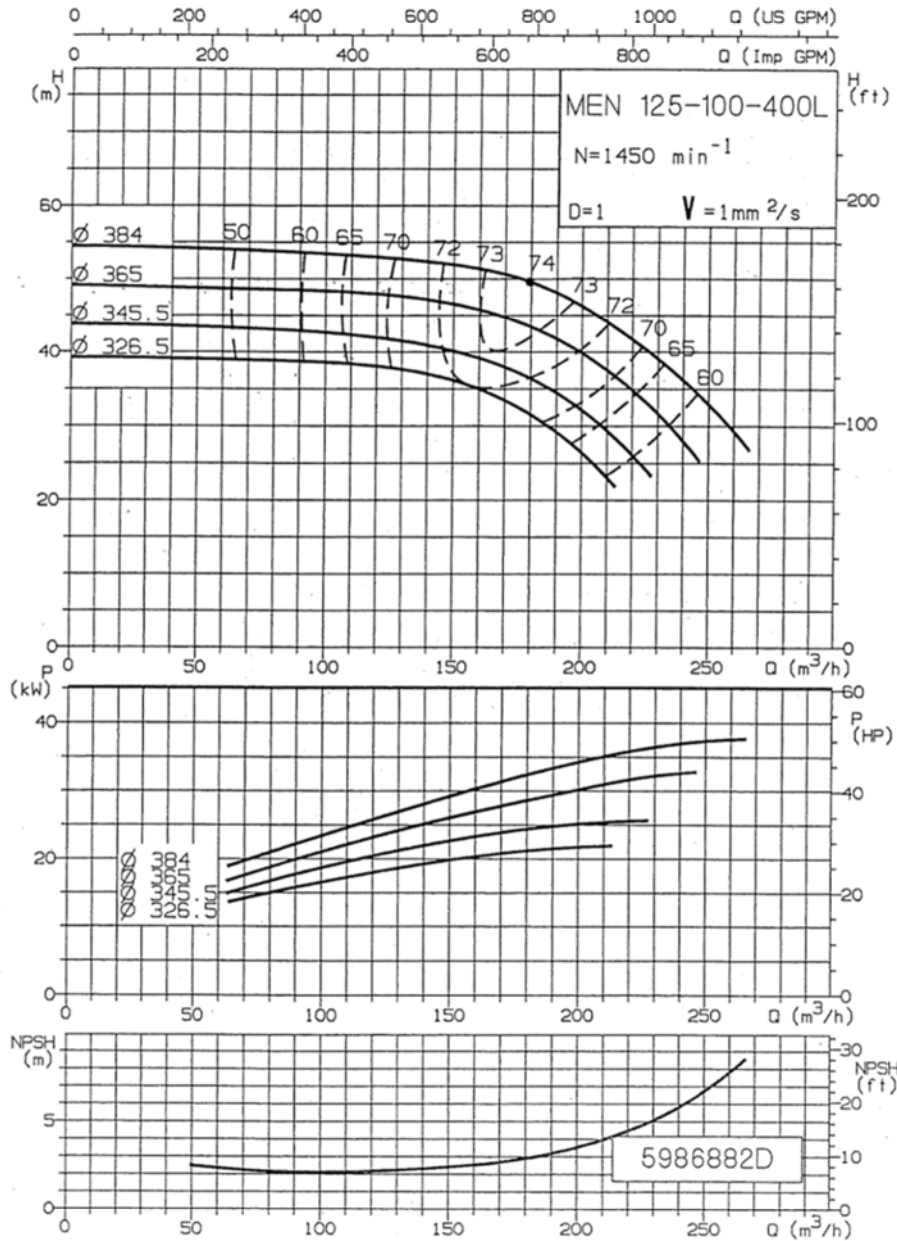


Date : (Date)	Dessine par : (Drawn by)	Verifie par : (Checked by)	Approuve par : (Approved by)	5986881	C
16/09/1994	S. PAPIN	JY PIERRES	R KAWOHL		

IDP Pacific Worthington Jeumont-Schneider Pumps Byron Jackson Durco Pleuger



MEN

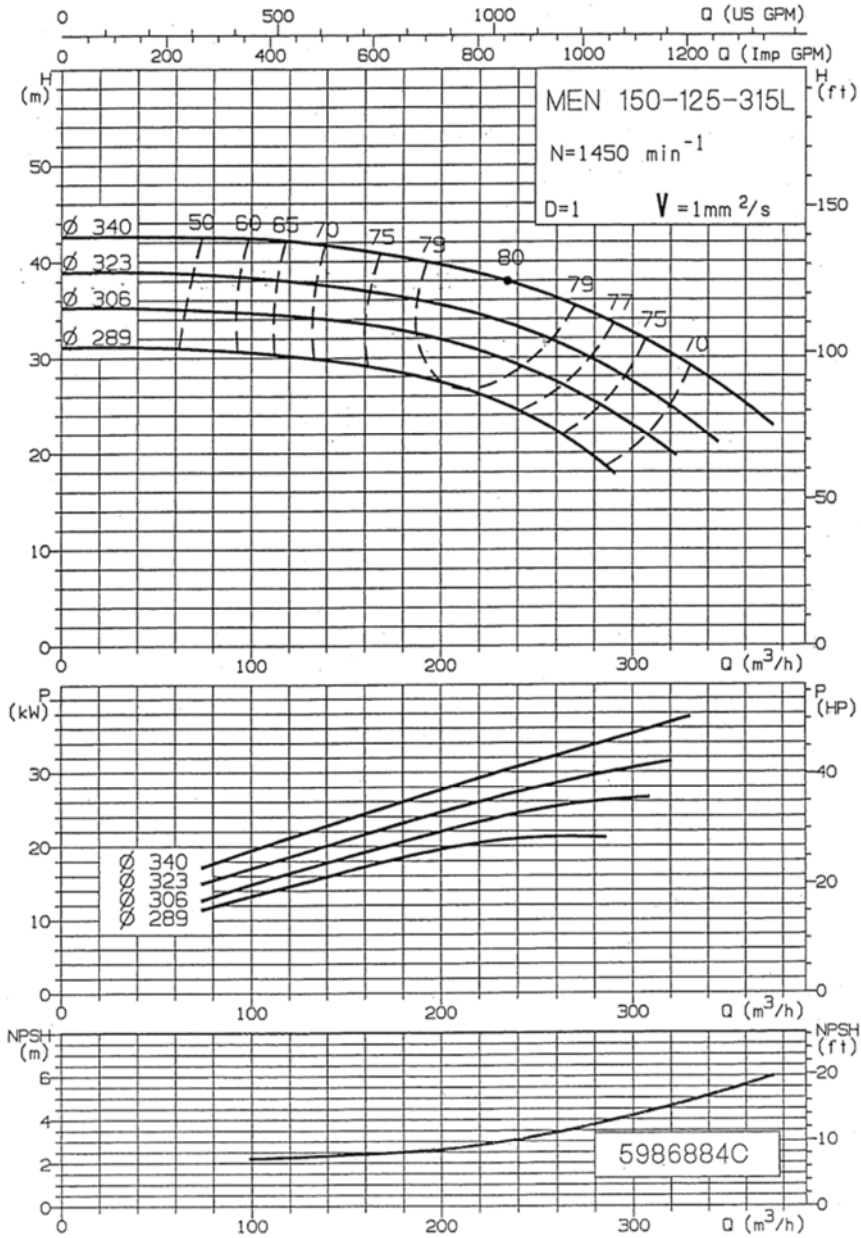


Date : (Date) 26/01/1999	Dessine par : (Drawn by) JY PIERRES	Verifie par : (Checked by) JY PIERRES	Approuve par : (Approved by) R KAWOHL	5986882	D
--------------------------------	---	---	---	---------	---

IDP Pacific Worthington Jeumont-Schneider Pumps Byron Jackson Durco Pleuger



MEN

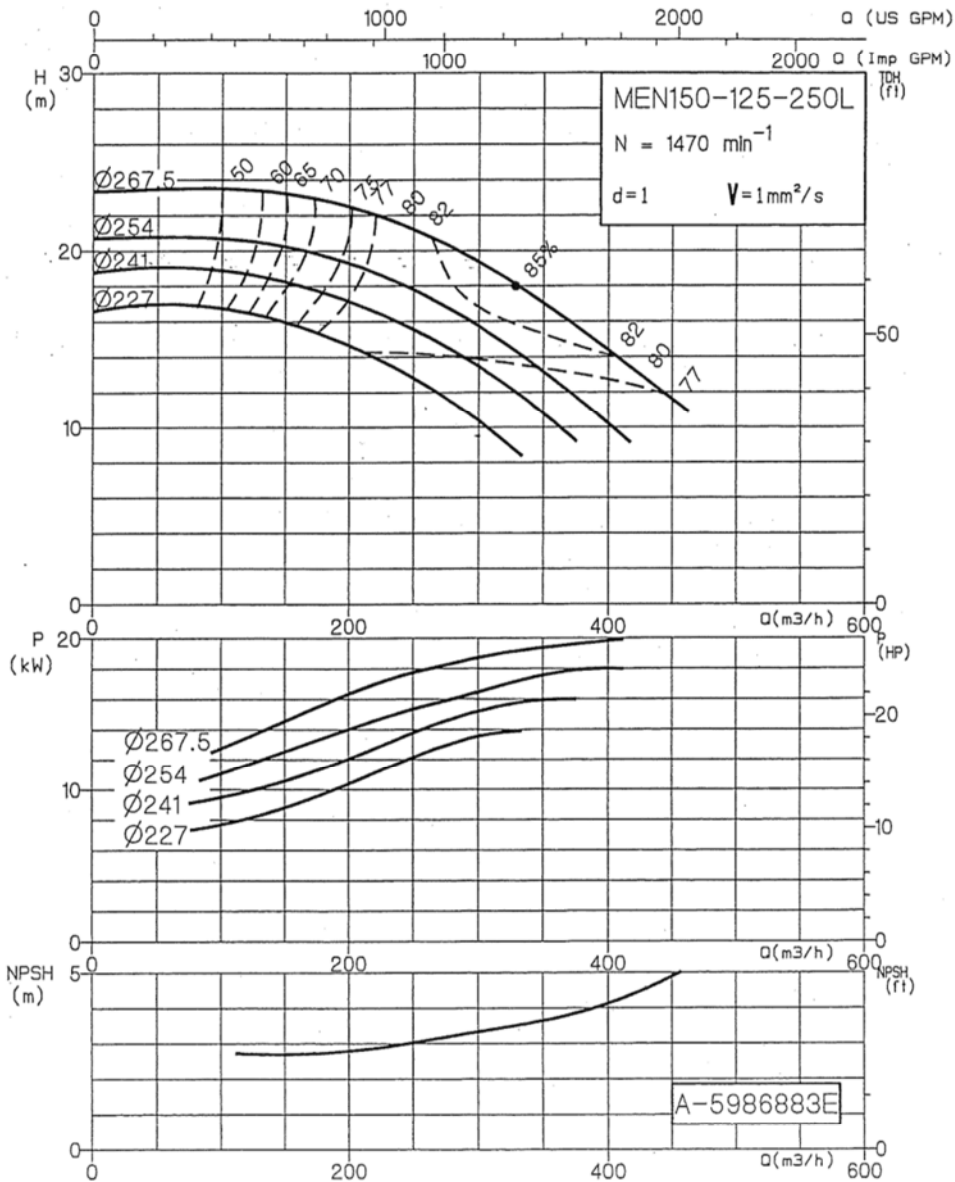


Date: (Date) 14/09/1994	Dessine par : (Drawn by) S. PAPIN	Verifie par : (Checked by) JY PIERRES	Approuve par : (Approved by) R KAWOHL	5986884	C
-------------------------------	---	---	---	---------	---

IDP Pacific Worthington Jeumont-Schneider Pumps Byron Jackson Durco Pleuger



MEN



Date : (Date)	Dessine par : (Drawn by)	Verifie par : (Checked by)	Approuve par : (Approved by)	A-5986883	E
11/08/2004	JY PIERRES	JY PIERRES	D LEWIS		

IDP Pacific Worthington Jeumont-Schneider Pumps Byron Jackson Durco Pleuger