

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik Benyahia Jijel
Faculté de la Technologie



Département de Génie Civil et Hydraulique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option : Hydraulique Urbaine

Présenté par :

BOUREZAK Abdesalem

MEBIROUK Mebarek

ETUDE HYDRAULIQUE DE LA STATION DE POMPAGE KISSIR (W. JIJEL)

Dirigé par :

- Dr. AMARA Lyes

Soutenu publiquement le 12 / 09 / 2021 devant le jury composé de :

- Président : BOUDJERDA Marouane
- Examineur : LABIED Chouaib
- Invité : M. BOUDEHAB Abdelkader

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour accomplir ce travail.

Nos sincères remerciements à notre encadrant Mr 'Amara lyes', pour son aide, ses conseils, sa patience, et le temps qu'il nous a accordé pour notre encadrement.

Et à tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.

Notre profonde gratitude aux membres du jury qui ont bien voulu juger notre modeste travail.

Nous remercions également, le directeur Mr 'BOUDEHAB Abdelkader', et les membres de la station de traitement 'Kissir' pour nous avoir accueilli et fourni les données nécessaires, pour la réalisation de ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements à nos adorables parents qui nous ont encouragés à poursuivre ce travail.

Dédicaces

*Je dédie cette modeste thèse qui est l'aboutissement de plusieurs années d'études,
avant tout à :*

*D'abord, à mon cher père, pour ces conseils, son soutien moral, et matériel et pour
tous ses efforts, et les faveurs qu'il m'a accordées, qui m'ont donné la volonté de mener
à bien et d'achever ce travail.*

*A ma chère tante, à qui je dois beaucoup pour ses sacrifices, son aide, et son soutien
moral, et matériel, et pour m'avoir aidé à devenir ce que je suis devenu aujourd'hui.*

*A ma très chère mère et grand-mère, pour leur amour, et leur soutien pendant toutes
les années et depuis que j'ai commencé mon premier pas, et pour m'avoir aidé à
devenir ce que je suis devenu aujourd'hui.*

A mon très cher binôme Mebarek et sa famille.

*Tous mes amis sans exception : Adel, Amine, Abderrahim, Amina, Sidou,
Mih, Maroua, Minou, Saïd, Imad, Tarek, Zinou, et les autres.*

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment de près ou de loin.

Abdesalem

Dédicace

*Avec tout l'amour qui couvre mon cœur, je dédie ce
modeste travail à :*

*Mes très chers parents " Khelifa et Anissa " pour
leurs amour, conseils et sacrifices. J'espère qu'ils sont fier
de moi, et que dieu les protègent*

Mes deux petits frères : Mohammed et Sifou

Mes deux sœurs : Ferial et Nehla

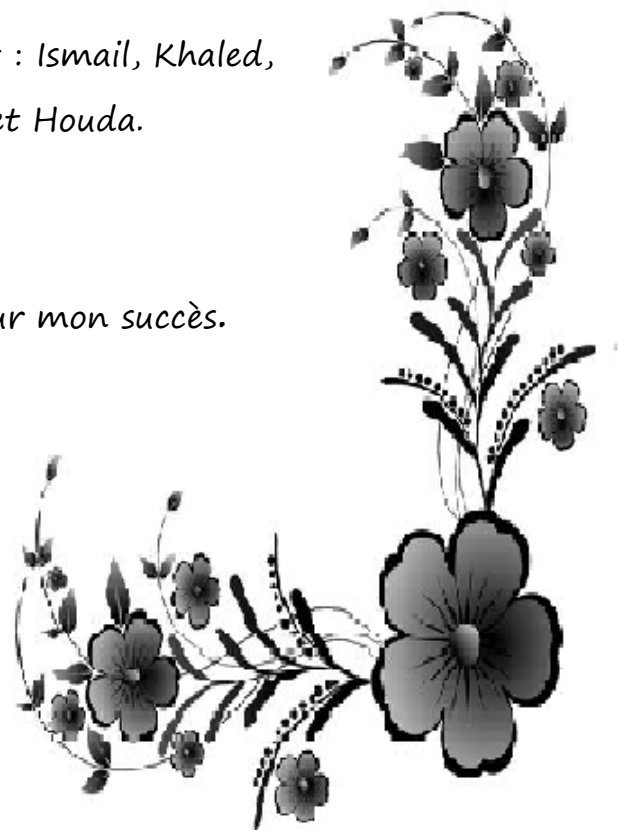
*Sans oublier mes grands-parents et tous les membres
de ma grande famille.*

*A tous mes amis spécialement : Ismail, Khaled,
Mohammed Eladlani, et Houda.*

Mon binôme : Abdessalem

A tous ceux qui ont prié pour mon succès.

Mebarek



Résumé :

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous avons établi une étude qui consiste en l'étude hydraulique de la station de pompage de Kissir (w. Jijel), suivi d'un complément sur l'étude du champ d'écoulement dans la bêche d'aspiration. En cinq chapitres, nous sommes arrivés au calcul technico-économique des quatre lignes de refoulement ainsi qu'au bon choix des pompes appropriées pour chaque circuit. Par la suite, il a fallu prendre en compte le calcul du régime transitoire pour la station de pompage à partir de là on a procédé au dimensionnement des organes de protection contre le coup de bélier, à la fin, une conception de la station de pompage et l'installation d'équipements hydromécaniques ont été introduites.

Mots clés : station de pompage, champ d'écoulement, lignes de refoulement, pompes, régime transitoire, coup de bélier, équipements hydromécaniques.

Abstract:

As part of this thesis, we established a study consisting of the design of the Kissir pumping station (w. Jijel), followed by a complement on the study of the flow field in the suction tank. In five chapters, we arrived at the technical and economic calculation of the four delivery lines as well as the correct choice of the appropriate pumps for each circuit, Subsequently, it was necessary to take into account the calculation of the transient phenomenon for the pumping station from there we proceeded to the sizing of the protective devices against water hammer, in the end, a design of the pumping station and the installation of hydromechanical equipment were introduced.

Keywords: pumping station, flow field, delivery lines, pumps, transient regime, water hammer, hydromechanical equipment.

ملخص:

خلال مذكرة التخرج هذه قمنا بتقديم دراسة تتمحور حول دراسة محطة ضخ المياه كسير (و. جيجل). و قد تمت الدراسة في خمس مراحل أساسية: عرض محطة ضخ المياه, الحساب الفني والاقتصادي لخطوط توزيع المياه الأربعة, و كذلك الاختيار الصحيح للمضخات المناسبة لكل خط وبالتالي, كان من الضروري مراعاة حساب السيلان غير المستقر (ضربة المطرقة) لمحطة الضخ ومن هناك انتقلنا إلى حساب أجهزة الحماية ضد المطرقة المائية, متبوعة بتكملة لدراسة نظرية حقل التدفق المياه في الخزان المائي. في النهاية تم تقديم تصميم محطة الضخ وتركيب المعدات الهيدروميكانيكية.

الكلمات المفتاحية: محطة الضخ, خطوط توزيع, مضخات, السيلان غير المستقر, مطرقة مائية, حقل التدفق, معدات هيدروميكانيكية.

Sommaire

<i>Introduction générale</i>	1
<i>CHAPITRE I : Présentation du projet.</i>	
I. Introduction :	2
II. Localisation de projet :	2
III. Les principales composantes du projet :.....	2
III.1. Station de traitement :.....	3
III.1.1. Prétraitement :	4
1.1.1. Dégrillage et tranquillisation :	4
1.1.2. Cascade d'aération :	4
III.1.2. Clarification :	5
1.2.1. Coagulation-floculation :	5
1.2.2. Décantation ou flottation :	6
1.2.3. Filtration :	6
III.1.3. Désinfection au chlore :	7
III.1.4. Traitement des boues :	8
III.1.5. Le stockage :	8
III.2. Machines et usine élévatoire :	8
III.2.1. Le collecteur d'aspiration :	8
III.2.2. Les systèmes de pompage :	9
2.2.1. Groupe de pompage EL- Aouana :	9
2.2.2. Groupe de pompage Timizert :	10
2.2.3. Groupe de pompage d'Ouled Bounnar :	11
2.2.4. Groupe pompage Mezghitane :	12
III.2.3. Accessoires et équipements :	13
2.3.1. Aspiration :	13
2.3.2. Refoulement :	14
III.2.4. Protection de système :	14
2.4.1. Anti bélier :	14
2.4.1.1. Réservoir anti bélier classique :	14
2.4.1.2. Réservoir anti bélier à vessie :	15
III.3. Système de refoulement :	16
III.3.1. Axe d'EL- Aouana :	16

Sommaire

3.1.1. La ligne d'EL-Aouana :	16
3.1.1.1. Piquage de Bourchaid 1 :	16
3.1.1.2. Piquage de Bourchaid 2 :	16
3.1.2. La ligne de Timizert :	17
III.3.2. Axe de Jijel :	17
3.2.1. La ligne d'Ouled Bounnar :	17
3.2.2. La ligne de Mezghitane :	17
IV. Conclusion :	17

CHAPITRE II : Les circuits de refoulement.

I. Introduction :	18
II. Caractéristiques des adductions :	18
II.1. Type d'adduction :	18
II.2. Organes d'adduction :	18
II.2.1. Organes de sectionnement :	18
II.2.2. Organes de régulation et contrôle de l'écoulement :	18
II.2.3. Organes de branchement :	19
II.3. Choix de type du matériau :	19
II.4. Schéma synoptique d'adduction :	20
III. Etude techno-économique :	20
III.1. Étude théorique du diamètre économique :	20
III.1.1. Les choix techniques des diamètres :	20
III.1.2. Calcul de la vitesse :	22
III.1.3. Calcul des pertes de charges :	22
1.3.1. Pertes des charges linéaires :	22
1.3.2. Pertes des charges singulières :	24
1.3.3. Pertes des charges totales :	24
III.1.4. Calcul de la hauteur manométrique :	24
III.1.5. Calcul de la puissance absorbée par la pompe :	24
III.1.6. Energie consommée par la pompe :	24
III.1.7. Frais d'exploitation :	25
III.1.8. Frais d'amortissement :	25
III.1.9. Le calcul du bilan :	25

Sommaire

IV. Dimensionnement des circuits d'adduction :	26
IV.1. Circuit D'Ouled Bounnar:	26
IV.1.1. Caractéristiques du circuit :	26
IV.1.2. Intervalle de choix du diamètre économique :	26
IV.1.3. Calcul de la hauteur manométrique totale :	27
IV.1.4. Frais d'exploitation :	27
IV.1.5. Frais d'amortissement :	27
IV.1.6. Bilan des frais :	27
IV.1.7. Discussion des résultats :	28
IV.2. Circuit de Mezghitane :	28
IV.2.1. Caractéristiques du circuit :	28
IV.2.2. Intervalle de choix du diamètre économique :	29
IV.2.3. Calcul de la hauteur manométrique totale :	29
IV.2.4. Frais d'exploitation :	29
IV.2.5. Frais d'amortissement :	30
IV.2.6. Bilan des frais :	30
IV.2.7. Discussion des résultats :	30
IV.3. Circuit de Timizert :	30
IV.3.1. Caractéristiques du circuit :	30
IV.3.2. Intervalle de choix du diamètre économique :	31
IV.3.3. Calcul de la hauteur manométrique totale :	32
IV.3.4. Frais d'exploitation :	32
IV.3.5. Frais d'amortissement :	32
IV.3.6. Bilan des frais :	32
IV.3.7. Discussion des résultats :	32
IV.4. Circuit d'EL-Aouana :	33
IV.4.1. Calcul d'adduction :	33
4.1.1. Caractéristique du circuit :	34
4.1.2. Calcul de la hauteur manométrique totale :	35
4.1.3. Calcul des frais d'exploitation :	35
4.1.4. Calcul des frais d'amortissement :	36
4.1.5. Bilan des frais :	36
4.1.6. Discussion des résultats :	36

Sommaire

IV.4.2. Calcul des piquages :.....	36
4.2.1. Calcul des pertes de charges pour les piquages :	36
4.2.2. Calcul des diamètres pour les deux piquages :	37
4.2.3. Discussion des résultats :	38
4.2.4. Calcul du vannage et réglage du débit :	38
4.2.4.1. Discussions des résultats :	40
V. Conclusion :	40

CHAPITRE III : Choix des pompes.

I. Introduction :	42
II. Classification et choix des pompes :	42
II.1. Les pompes volumétriques :	42
II.2. Les turbopompes :	42
II.2.1. Classification des turbopompes :	42
2.1.1. Le type de la roue :	43
2.1.2. Le nombre d'étage :	43
2.1.3. La disposition de l'axe de la pompe :	43
II.3. Choix des pompes :	44
III. Principe de fonctionnement et constitution d'une pompe centrifuge :	44
III.1. Principe de fonctionnement :	44
III.2. Constitution d'une pompe centrifuge :	44
III.2.1. La volûte :	45
III.2.2. La roue :	45
IV. les caractéristiques hydrauliques d'une pompe :	46
IV.1. Le débit :	46
IV.2. La hauteur manométrique totale :	46
IV.3. La vitesse de rotation :	46
IV.4. Le rendement :	46
IV.5. La puissance :	46
V. Les courbes caractéristiques d'une pompe :	47
V.1. La courbe débit-hauteur :	47
V.2. La courbe du rendement :	47
V.3. La courbe puissance-débit :	48

Sommaire

VI. Point de fonctionnement :	48
VII. Couplage des pompes :	49
VII.1. Couplage en série :	49
VII.2. Couplage en parallèle :	50
VIII. Réglage du point de fonctionnement :	51
VIII.1. Variation de la vitesse de rotation :	51
VIII.2. Réduire le temps de pompage :	51
VIII.3. Réduire le diamètre de la roue :	51
VIII.4. Le vannage :	52
IX. Choix des pompes de la station Kissir :	52
IX.1.1. Groupe de pompage d'Ouled Bounnar :	53
1.1.1. Choix du type de la pompe :	53
1.1.2. Point de fonctionnement :	54
IX.1.2. Groupe de pompage de Mezghitane :	55
1.2.1 Choix du type de la pompe :	55
1.2.2. Point de fonctionnement :	56
IX.2. Axe d'EL-Aouana :	58
IX.2.1. Groupe de pompage d'EL-Aouana :	58
2.1.1 Choix du type de la pompe :	58
2.1.2. Point de fonctionnement :	59
IX.2.2. Groupe de pompage de Timizert :	60
2.2.1. Choix du type de la pompe :	60
2.2.2. Point de fonctionnement :	61
X. Conclusion :	62

CHAPITRE IV : Régime transitoire.

I. Introduction :	63
II. type d'écoulement :	63
II.1. Régime transitoire :	63
III. Phénomène du Coup de bélier :	63
III.1. Définition :	63
III.2. Causes fréquentes du coup de bélier :	63
III.3. Risque dus aux coups de bélier :	64

Sommaire

III.4. Analyse physique du coup de bélier :	65
III.4.1. Cas de l'arrêt brusque des pompes :	65
III.4.2. Cas de fermeture brusque d'une vanne placée en aval d'une conduite :	66
III.5. Valeur numérique du coup de bélier :	67
III.5.1 Manœuvre rapide (Formule de Joukowsky) :	67
III.5.2. Cas de la fermeture lente d'une vanne de sectionnement :	67
III.6. Répartition du coup de bélier le long de la conduite :	68
III.7. Théorie du coup de bélier :	69
III.7.1. Célérité des ondes 'a' :	70
III.8. Méthodes d'analyse du coup de bélier :	70
III.8.1. Méthode graphique de Bergeron :	70
III.8.2. Méthode des caractéristiques :	71
IV. Organes de protection contre le coup de bélier :	72
IV.1. Volant d'inertie :	72
IV.2. Cheminée d'équilibre :	72
IV.3. Soupape de décharge :	73
IV.4. Réservoir d'air :	74
IV.4.1. Principe du calcul d'un réservoir d'air :	74
V. Calcul du régime transitoire de la station de pompage Kissir :	75
V.1. Calcul du phénomène transitoire pour le circuit de Timizert :	76
V.2. Calcul du régime transitoire pour le circuit d'Ouled Bounnar :	79
V.3. Calcul du régime transitoire pour le circuit de Mezghitane :	81
V.4. Calcul du régime transitoire pour le circuit d'EL-Aouana :	84
VI. Conclusion :	88

CHAPITRE V : Conception de la station de pompage.

I. Introduction :	89
II. Conception de la station pompage Kissir :	89
III. Equipements hydromécaniques :	91
III.1. Colporteur d'aspiration :	91
III.2. Axe de refoulement d'El-Aouana :	92
III.2.1. A l'aspiration des pompes :	93
III.2.2. Au refoulement des pompes :	93

Sommaire

III.2.3. Collecteur général de refoulement :.....	93
III.2.4. Mesure de débit :.....	93
III.2.5. Vanne générale :.....	94
III.3. Axe de refoulement de Timizert :.....	94
III.3.1. A l'aspiration des pompes :.....	94
III.3.2. Au refoulement des pompes :.....	95
III.3.3. Collecteur général de refoulement :.....	96
III.3.4. Mesure débit :	97
III.3.5. Vanne générale :.....	97
III.4. Axe de refoulement de Mezghitane :.....	97
III.4.1. A l'aspiration des pompes :.....	97
III.4.2. Au refoulement des pompes :.....	97
III.4.3. Collecteur général de refoulement :.....	97
III.4.4. Mesure débit :	99
III.4.5. Vanne générale :.....	99
III.5. Axe de refoulement d'Ouled-Bouinar :.....	99
III.5.1. A l'aspiration des pompes :.....	99
III.5.2. Au refoulement des pompes :.....	99
III.5.3. Collecteur général de refoulement :.....	101
III.5.4. Mesure débit :	101
III.5.5. Vanne générale :.....	101
IV. Conclusion :	101

Complément d'étude

I. Introduction :.....	102
II. Modèle mathématique du problème :	102
III. La discrétisation numérique :	103
IV. Résultats et interprétation :	104
V. Conclusion :.....	105
<i>Conclusion générale</i>	106

Références bibliographiques

Annexe

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure (I.1) : Vue aérienne de projet. (Source, google earth).	2
Figure (I.2) : Schéma généralisé du projet.	3
Figure (I.3) : Conduites d'adduction de diamètre 900 mm.	3
Figure (I.4) : Dégrilleur.	4
Figure (I.5) : Cascade d'aération.	5
Figure (I.6) : Schéma de principe de la coagulation-floculation.	6
Figure (I.7) : Clarificateur.	6
Figure (I.8) : Filtre.	7
Figure (I.9) : Collecteur d'aspiration de la station de pompage.	9
Figure (I.10) : Groupe de pompage EL-Aouana.	10
Figure (I.11) : Groupe de pompage Timizert.	11
Figure (I.12) : Groupe de pompage d'Ouled Bounnar.	12
Figure (I.13) : Groupe de pompage Mezghitane.	13
Figure (I.14) : Organes et accessoires de la conduite d'aspiration.	13
Figure (I.15) : Organes et accessoires de la conduite de refoulement.	14
Figure (I.16) : Réservoirs anti bélier classique.	15
Figure (I.17) : Réservoirs anti bélier à vessie.	15

CHAPITRE II

Figure (II.1) : Schéma illustratif d'installation d'une ventouse.	19
Figure (II.2) : Schéma synoptique de la présentation des circuits de refoulement.	21
Figure (II.3) : Schéma illustratif du circuit d'Ouled Bounnar.	26
Figure (II.4) : Schéma illustratif du circuit de Mezghitane.	28
Figure (II.5) : Schéma illustratif du circuit de Timizert.	31

Liste des figures

Figure (II.6) : Schéma illustratif du circuit d'El-Aouana.	35
Figure (II.7) : Schéma illustratif des cotes piézométriques du circuit d'El-Aouana.	37
Figure (II.8) : Action de décollement de la particule fluide par un vannage.	39
Figure (II.9) : schéma synoptique.	41

CHAPITRE III

Figure (III.1) : Roue radiale.	43
Figure (III.2) : Roue hélico.	43
Figure (III.3) : Roue semi- radiale.	43
Figure (III.4) : Les organes d'une pompe centrifuge.	44
Figure (III.5) : Roue fermée.	45
Figure (III.6) : Roue semi ouverte.	45
Figure (III.7) : Roue ouverte.	45
Figure (III.8) : La courbe caractéristique débit-hauteur.	47
Figure (III.9) : La courbe caractéristique du rendement.	48
Figure (III.10) : La courbe caractéristique puissance-débit.	48
Figure (III.11) : Point de fonctionnement du système de refoulement.	49
Figure (III.12) : Couplage des pompes en série.	50
Figure (III.13) : Couplage des pompes en parallèle.	50
Figure (III.14) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe d'Ouled Bounnar.	53
Figure (III.15) : La courbe débit-hauteur de la pompe Omega 250-800 A.	54
Figure (III.16) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne d'Ouled Bounnar.	55
Figure (III.17) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe Mezghitane.	56
Figure (III.18) : La courbe débit-hauteur de la pompe Multitec 125/3-10.1 A.	56
Figure (III.19) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne de Mezghitane.	56

Liste des figures

Figure (III.20) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe d'EL-Aouana.....	58
Figure (III.21) : La courbe débit-hauteur de la pompe Multitec 125/6-10.1 A.....	59
Figure (III.22) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne d'EL-Aouana.	60
Figure (III.23) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe de Timizert.	61
Figure (III.24) : La courbe débit-hauteur de la pompe Multitec 100/6-7.1 A.....	61
Figure (III.25) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne de Timizert.....	62

CHAPITRE IV

Figure (IV.1) : Cycle d'évolution du coup de bélier par les ondes de choc.	66
Figure (IV.2) : Répartition du coup de bélier : (a) fermeture rapide, (b) fermeture lente.	69
Figure (IV.3) : Variation du régime d'écoulement.	69
Figure (IV.4) : Epure de Bergeron pour un cas général.....	71
Figure (IV.5) : (a) Schéma d'une conduite forcée, (b) diagramme x,t.	71
Figure (IV.6) : Installation d'un volant d'inertie.	72
Figure (IV.7) : Schéma représentatif d'une installation de la cheminée d'équilibre.....	73
Figure (IV.8) : Schéma représentatif d'une soupape de décharge.	73
Figure (IV.9) : Variation du volume d'air au cours des phases de fonctionnement du réservoir.....	74
Figure (IV.10) : Principe de la construction de l'épure.	75
Figure (IV.11) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne de Timizert.	77
Figure (IV.12) : Epure de BERGERON pour le circuit de Timizert.	78
Figure (IV.13) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation de Timizert.	78
Figure (IV.14) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne d'Ouled Bounnar.	80
Figure (IV.15) : Epure de BERGERON pour le circuit d'Ouled Bounnar.	80

Liste des figures

Figure (IV.16) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation d'Ouled Bounnar.	81
Figure (IV.17) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne de Mezghitane.	82
Figure (IV.18) : Epure de BERGERON pour le circuit de Mezghitane.	83
Figure (IV.19) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation de Mezghitane.	83
Figure (IV.20) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne d'EL-Aouana	86
Figure (IV.21) : Epure de BERGERON pour le circuit d'EL-Aouana.	87
Figure (IV.22) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation d'El-Aouana.	87

CHAPITRE V

Figure (V.1) : Dispositif de levage.	89
Figure (V.2) : Disposition des groupes de pompage à l'intérieur du bâtiment.	90
Figure (V.3) : Vanne papillon	91
Figure (V.4) : Vanne à opercule.	91
Figure (V.5) : Installation du manostat sur le refoulement	92
Figure (V.6) : Schéma d'installation des équipements hydromécaniques pour la ligne d'EL-Aouana	92
Figure (V.7) : Installation du débitmètre électromagnétique sur le refoulement.	94
Figure (V.8) : Robinet vanne	95
Figure (V.9) : Joint de démontage auto-buté.	95
Figure (V.10) : Clapet a disque axial.	95
Figure (V.11) : Schéma d'installation des équipements hydromécaniques pour la ligne de Timizert.	96

Liste des figures

Figure (V.12) : Schéma d'installation des équipements hydromécanique pour la ligne de Mezghitane.....	98
Figure (V.13) : Clapet à double battant.....	99
Figure (V.14) : Schéma d'installation des équipements hydromécanique la ligne d'Ouled-Bounar.....	100

Complément d'étude

Figure (01) : Schéma illustratif des conditions aux limites de l'EDP.....	102
Figure (02) : Schéma de principe de la bache d'aspiration ainsi que le champ de courant. .	103

Liste des tableaux

CHAPITRE II

Tableau (II.1) : Calcul de la hauteur manométrique totale pour les déférents diamètres,(Circuit D'Ouled Bounnar).....	27
Tableau (II.2) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit D'Ouled Bounnar).....	27
Tableau (II.3) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit D'Ouled Bounnar).....	27
Tableau (II.4) : Calcul du bilan, (Circuit D'Ouled Bounnar).....	27
Tableau (II.5) : Calcul de la hauteur manométrique totale pour les déférents diamètres,(Circuit de Mezghitane).....	29
Tableau (II.6) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit de Mezghitane).....	29
Tableau (II.7) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit de Mezghitane).....	30
Tableau (II.8) : Calcul du bilan, (Circuit de Mezghitane).....	30
Tableau (II.9) : Calcul de la hauteur manométrique totale pour les déférents diamètres,(Circuit de Timizert).....	32
Tableau (II.10) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit de Timizert).....	32
Tableau (II.11) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit de Timizert).....	32
Tableau (II.12) : Calcul du bilan, (Circuit de Timizert).....	32
Tableau (II.13) : Calcul de la hauteur manométrique totale, (circuit El-Aouana).....	35
Tableau (II.14) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit El-Aouana).....	35
Tableau (II.15) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit El-Aouana).....	36
Tableau (II.16) : Calcul du bilan (Circuit El-Aouana).....	36
Tableau (II.17) : Calcul du diamètre théorique pour les deux piquages, (Bourchaid 1 et Bourchaid 2).....	38
Tableau (II.18) : Calcul du nombre de tours de fermetures des vannes.....	40

CHAPITRE III

Tableau (III.1) : Les caractéristiques principales de la pompe Omega 250-800 A.....	54
Tableau (III.2) : Les caractéristiques principales de la pompe Multitec 125/3-10.1 A.....	57

Liste des tableaux

Tableau (III.3) : Les caractéristiques principales de la pompe Multitec 125/6-10.1 A..... 59

Tableau (III.4) : Les caractéristiques principales de la pompe Multitec 100/6-7.1 A..... 62

CHAPITRE IV

Tableau (IV.1) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne de Timizert. 77

Tableau (IV.2) : Caractéristique du réservoir anti bélier de Timizert. 78

Tableau (IV.3) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne d'Ouled Bounnar 79

Tableau (IV.4) : Caractéristique du réservoir anti bélier d'Ouled Bounnar. 81

Tableau (IV.5) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne de Mezghitane. 82

Tableau (IV.6) : Caractéristique du réservoir anti bélier de Mezghitane. 84

Tableau (IV.7) : Propriétés des conduites télescopiques. 85

Tableau (IV.8) : Les caractéristiques de la conduite équivalente. 85

Tableau (IV.9) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne d'El-Aouana. 86

Tableau (IV.10) : Caractéristique du réservoir anti bélier d'EL-Aouana. 88

Complément d'étude

Tableau (01) : Champ d'écoulement dans la bêche d'aspiration (distribution de Ψ). 104

Tableau (02) : Distribution de la vitesse v_y (x,y). 104

Tableau (03) : Distribution de la vitesse v_x (x,y). 105

Tableau (04) : Distribution du module de la vitesse $|\vec{v}|$ dans le plan (x,y). 105

Notations

A : Amortissement annuel.

a_{eq} : Célérité des ondes équivalente des trois conduites.

a_i : Célérité des ondes pour chaque conduite (i).

a : Célérité des ondes (m/s).

Beq : Impudence équivalent (m).

Chz : Coefficient de Hazan-Williams.

Cc : Coût total de la canalisation (DA).

D : Diamètre de la conduite (m).

\bar{D} : Le diamètre du modèle rugueux de référence.

DN : Diamètre normalisé (mm).

D_{eq} : Diamètre équivalent des trois conduites télescopiques.

E : Energie consommée par la pompe (kwh).

e : Prix de l'unité de l'énergie (DA/kwh).

e : Epaisseur de la conduite (mm).

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA).

F_{amrt} : Frais d'amortissement (DA).

F : une onde se dirige en sens contraire de l'écoulement.

f : une onde se dirige dans le sens de la vitesse d'écoulement.

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2).

H_{mt} : Hauteur manométrique totale (m).

H_r : Hauteur de refoulement (m).

H_a : Hauteur d'aspiration (m).

H_g : Hauteur géométrique (m).

H_i : La charge hydraulique au point de piquage.

h : la pression (m).

Notations

i : Taux d'annuité.

JL : Perte de charge linéaire en m.

J_s : Perte de charge singulière.

J : La perte de charge totale.

j : gradient de la perte de charge.

K_s : coefficient de perte de charge singulière.

k : Coefficient qui dépend du matériau de la conduite.

L : Longueur de la conduite (ml).

LT : La longueur totale des conduites.

L_i : La Longueur de chaque conduite (i).

n : Durée d'amortissement de la conduite.

N : Vitesse de rotation (tr/min).

P : Puissance absorbée par la pompe (kw).

PMA : Pression maximale admissible.

PMF : Pression maximale de fonctionnement.

PN : Pression nominal de la conduite (bar).

P_u : Puissance utile (Kw).

P_a : La puissance absorbée par la pompe (w).

Q : Débit en m³/s.

Re : Nombre de Reynolds.

R : Coefficient qui caractérise la résistance de la conduite (s².m⁻⁵).

S : Surface de la conduite en m².

S_{eq} : Section équivalente.

S_i : La section de chaque conduite (i).

t : La durée d'utilisation de la conduite.

Notations

T : Nombre d'heure de pompage.

t : température de l'eau.

TN : Terrain naturel.

Ur : volume total du réservoir (m³).

Umax : volume maximal d'air en régime transitoire (m³).

U0 : Volume d'air en régime normal (m³).

v : Vitesse d'écoulement en m/s.

V : Volume du réservoir constant en m³.

x : Abaissement de l'opercule du robinet vanne (mm).

Zr : La cote sur lequel le réservoir est calé.

Z0 : Pression absolue (m).

λ : Coefficient de frottement de la conduite.

ε : Rugosité de la conduite.

ε_0 : La rugosité absolue des tuyaux à l'état neuf.

α : Le coefficient de vieillissement de conduite.

ν : Viscosité cinématique de l'eau.

η : Rendement de la pompe.

Ψ : Fonction du courant.

Introduction générale

Depuis la nuit des temps, l'approvisionnement en eau potable est l'une des préoccupations majeures de toute civilisation et l'histoire en témoigne, l'eau était transportée par des moyens simples et traditionnels de la source aux agglomérations. Dans ce contexte, l'homme conscient n'a jamais cessé d'apprendre à maîtriser la science de l'eau, et la recherche de moyens avancés pour pouvoir la transporter.

Le sujet que nous aborderons dans ce présent projet consistera en l'étude et dimensionnement de la station de pompage de Kissir (w. Jijel). Ce dernier s'articulera autour de cinq grands chapitres et un complément d'étude. Dans ce qui suit, nous présenterons un aperçu de l'organisation de ce mémoire et la contribution de chaque chapitre aux objectifs recherchés.

Pour cela, nous commencerons notre travail par une présentation du complexe hydraulique (la station de traitement et la station de pompage) Kissir (w. Jijel), en nous basant principalement sur la présentation de la station de pompage et de ses différents organes.

Et deuxièmement, nous procéderons au dimensionnement des adductions pour les quatre lignes de refoulement, en fonction des conditions techniques et économiques.

Par la suite, dans le troisième chapitre, nous choisirons les pompes appropriées pour les quatre lignes de refoulement.

Le quatrième chapitre est l'étude du régime transitoire, qui portera sur le calcul et la simulation du coup de bélier de la station de pompage, ainsi que le bon dimensionnement des organes de protection contre ce phénomène.

Alors que dans le cinquième chapitre, nous aborderons la conception de la station de pompage, ainsi que l'installation d'équipements hydromécaniques à l'intérieur du bâtiment.

La sixième partie de ce mémoire est un complément d'étude qui portera sur l'étude des champs d'écoulement dans la bache d'aspiration et la distribution des vitesses en 2D.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale se présentant comme une synthèse de nos résultats qui résumeront les différentes parties évoquées ci-dessus.

Chapitre I

Présentation du projet

I. Introduction :

Dans le cadre de la réalisation d'un dimensionnement d'usine élévatoire de la station du traitement Kissir. Ce chapitre va tracer le chemin du passage de fluide (eau) par les différentes étapes arrivent à l'usine, en passant par un plan écrit et illustratif de la station du traitement.

II. Localisation de projet :

La station du traitement et du pompage de Kissir (Figure (I.1)) est située en aval du barrage (Kissir) en face la plage de Kissir, approximativement à 09 km à l'ouest de la ville du Jijel, et à 06 km de la municipalité d'El-Aouana, en suivant la route nationale RN 43 (Jijel – Bejaia).

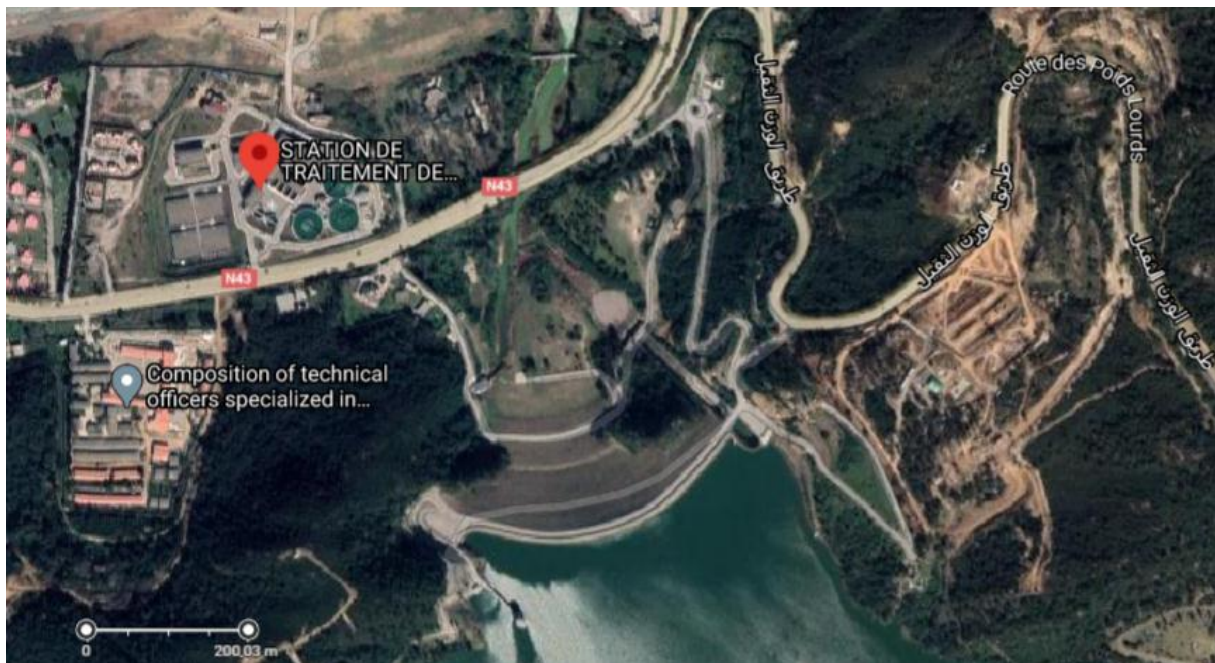


Figure (I.1) : Vue aérienne de projet. (Source, google earth).

III. Les principales composantes du projet :

Le projet en question est un ensemble de composants qui le forment, pour but de transporter l'eau potable de façon régulière efficace, et de la gérer d'une manière fiable et économique.

Le schéma généralisé de ce projet est illustré sur la (Figure (I.2)) :

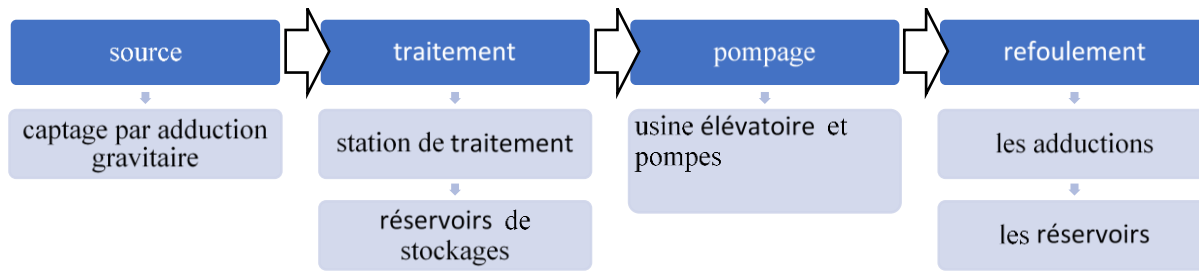


Figure (I.2) : Schéma généralisé du projet.

À partir du barrage sur 280 ml en amont une conduite d'adduction gravitaire des eaux brutes à travers deux lignes de DN900 (Figure (I.3)) est installée pour l'alimentation de ce projet, ceci va guider le fluide au premier composant du projet.

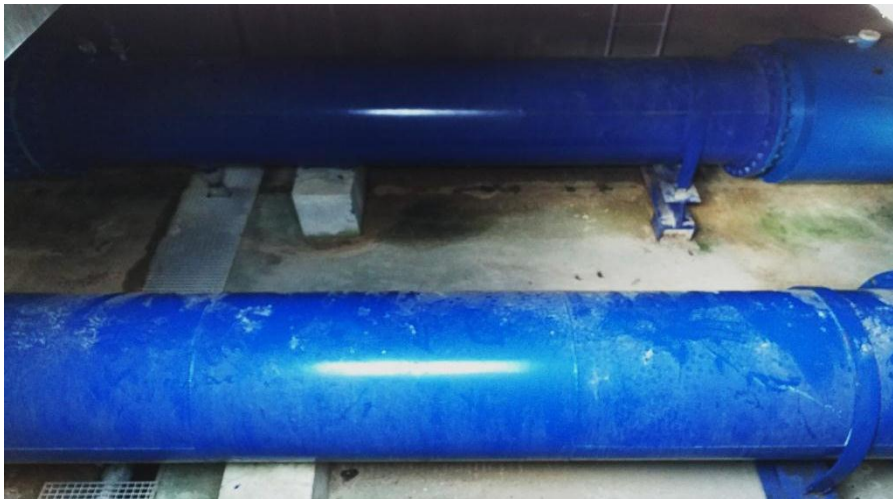


Figure (I.3) : Conduites d'adduction de diamètre 900 mm.

III.1. Station de traitement :

Le débit journalier nominal de $100\,000\text{ m}^3/\text{j}$ reçu de la station du traitement, subit une série de processus du traitement qui commencent par le traitement primaire, et se terminent par le processus de désinfection, pour que le débit va être prêt à la consommation et au stockage.

Cette série des procédés du traitement sera expliquée d'une manière simple dans les sous titres suivantes :

III.1.1. Prétraitement :

Le fluide (eau) reçue par la station va suivre le premier procédé du traitement :

- **1.1.1. Dégrillage et tranquillisation :**

Afin de limiter les risques du dommage pour les installations, et les ouvrages de la station, l'eau passe par une chambre de la tranquillisation avant de passer aux grilles.

Le dégrillage (Figure (I.4)) est destiné à piéger les matières plus ou moins volumineuses et les déchets de toutes sortes contenues dans la conduite d'adduction, pour permettre leur extraction puis stockage en benne et évacuation vers une voie de traitement.



Figure (I.4) : Dégrilleur.

- **1.1.2. Cascade d'aération :**

L'eau s'écoule par gravité dans cette structure (Figure (I.5)), la cascade crée un flux artificiel à l'aide d'un système d'escalier à quatre étages, ce qui a pour effet d'amener l'eau et l'air sur une plus grande surface, favorisant ainsi la dissolution d'une certaine quantité d'air dans l'eau, plus efficacement qu'un simple transport de la surface, la ventilation est souvent améliorée en soufflant de l'air sous des étages étalées.

Ce système élimine également le sulfure d'hydrogène responsable des mauvaises odeurs.



Figure (I.5) : Cascade d'aération.

III.1.2. Clarification :

C'est une étape indispensable pour le passage de l'eau brute, elle permet d'obtenir une eau limpide par éliminations des matières en suspensions, et donc de la turbidité.

La clarification peut combiner les procédés suivants :

- **1.2.1. Coagulation-floculation :**

La coagulation / floculation est une méthode de traitement physique et chimique pour le traitement et la purification de l'eau, elle est utilisée pour traiter l'eau brute, le diamètre des particules colloïdales est petit (poudre fine) et chargé négativement (générant une force de répulsion entre les colloïdes), à une vitesse de sédimentation extrêmement faible.

La coagulation/floculation permet donc de pallier ce problème par :

1. L'adjonction de coagulant ainsi qu'une agitation rapide du volume à traiter, permet d'éliminer les répulsions inter colloïdales et d'accorder aux colloïdes une liaison entre eux. C'est la coagulation.
2. L'adjonction de floculant ainsi qu'une agitation lente du volume à traiter, provoquent l'agglomération des colloïdes. [Se transformant dès lors en une masse suffisante appelée "floc" permettant la sédimentation nécessaire pour le traitement]. C'est la floculation.

Le schéma global du traitement primaire qui met en jeu le procédé de coagulation/floculation et qui est suivi par une étape de décantation ou clarification est le suivant (Figure (I.6)) :

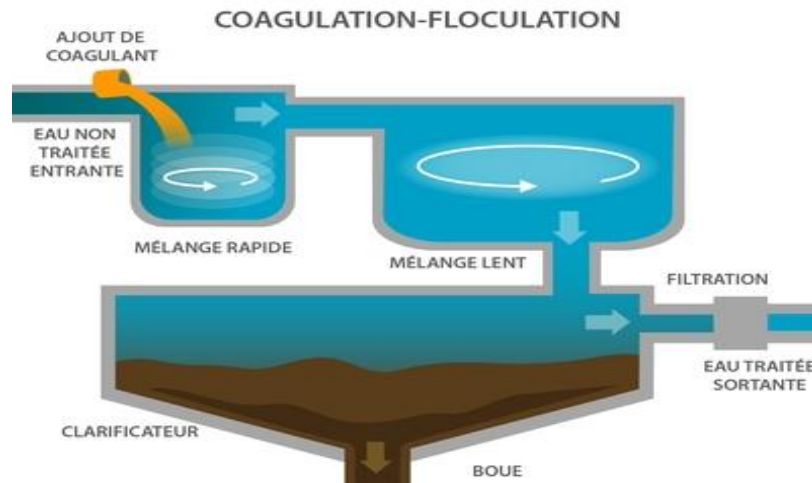


Figure (I.6) : Schéma de principe de la coagulation-floculation.

- **1.2.2. Décantation ou flottation :**

Ce sont des procédés physiques intervenants après la coagulation-floculation, l'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les floccs se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface.

À l'inverse, la flottation consiste à favoriser la clarification par entraînement des particules en surface, grâce à la génération de bulles d'air, qui s'accrochent aux matières en suspension et aux floccs. Les flottants sont récupérés en surface par bras racleur (Figure (I.7)).



Figure (I.7) : Clarificateur.

- **1.2.3. Filtration :**

La filtration est une technique de séparation d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). Dans la station, une technique de filtration est utilisée sur le lit granulaire, son fonctionnement consiste à laisser passer l'eau à filtrer à travers un lit filtrant constitué de matériaux granulaires, en retenant les matières en suspension dans les espaces inters granulaires.

La station dispose de huit filtres rassemblés dans un seul ouvrage (Figure (I.8)). L'eau arrive aux filtres gravitaires à travers des conduites de DN 500 mm, ces conduites sont branchées sur la conduite principale provenant de la bêche tampon, elle coule ensuite dans des canaux qui déversent uniformément aux cellules de filtration, ce qui permet de chasser les impuretés contenues dans l'eau.

L'eau filtrée est collectée dans un réservoir situé au-dessous des filtres. Chaque filtre doit passer par une étape de lavage après colmatage.

Chaque filtre est équipé de :

- Vanne d'entrée.
- Vanne de sortie et débitmètre électromagnétique.
- Vanne d'entrée eau de lavage.
- Deux vannes d'entrée d'air.
- Vanne de sortie eau de lavage.
- Vanne de sortie eau de rinçage.
- Transmetteur de niveau à ultra-son.



Figure (I.8) : Filtre.

III.1.3. Désinfection au chlore :

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau, elle permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes de l'eau, la désinfection des eaux comporte deux étapes importantes, correspondant à deux effets différents d'un désinfectant donné.

- Effet bactéricide : capacité de détruire les germes en une étape donnée du traitement,
- Effet rémanent : c'est un effet du désinfectant qui se maintient dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité bactériologique de l'eau.

III.1.4. Traitement des boues :

Les boues résultant du traitement des eaux destinées à l'alimentation proviennent d'extractions ou purges effectuées au stade de la décantation, si elle existe, et du lavage des filtres, éventuellement du rétro lavage des membranes de clarification.

III.1.5. Le stockage :

Après les étapes précédentes les eaux traitées sont stockées dans quatre grands réservoirs semi-enterrés dont chacun est de capacité de 5000 m³.

III.2. Machines et usine élévatoire :

C'est la thématique de ce mémoire le but est de faire une étude technique et économique pour réaliser un dimensionnement de la station de pompage avec tous les équipements nécessaires à partir des données reçues au cours du stage pratique au niveau de la station de traitement Kissir.

Pour donner une idée générale de l'étude à réaliser sur le dimensionnement de la station cette partie va regrouper l'ensemble des données sur les pompes et l'usine élévatoire nécessaire pour la réaliser.

III.2.1. Le collecteur d'aspiration :

À partir des quatre bâches d'aspiration de 5000 m³ de stockage, l'entrée d'un collecteur d'aspiration (Figure (I.9)) d'un 1200 mm de diamètre et d'une pression nominale de 10 bar, est dirigé vers la station de pompage pour l'alimentation des axes, dont chaque pompe est alimentée par une conduite d'aspiration inclinée de 45° degrés avec l'axe du collecteur d'aspiration pour diminuer les pertes de charge à l'aspiration.



Figure (I.9) : Collecteur d'aspiration de la station de pompage.

III.2.2. Les systèmes de pompage :

Pour pomper l'eau potable traitée, des pompes de haute qualité ont été acquises à la marque Ksb et, ces pompes sont regroupées en séries, de sorte que chaque groupe contient des pompes placées en parallèle et sur quatre lignes différentes.

- **2.2.1. Groupe de pompage EL- Aouana :**

Il s'agit d'un groupe constitué de deux pompes identiques en état de fonctionnement et, d'une troisième pompe utilisée comme pompe stand-by, en cas de dysfonctionnement des deux pompes, qui sont toujours en état de marche.

Chacune des trois pompes sont parallèles l'une à l'autre (Figure (I.10)), les trois pompes sont multicellulaires de huit étages et, chaque pompe munit d'un diamètre de roue de (262 mm-296 mm) en raison du rognage et, une hauteur manométrique totale de 165 m pour un débit demandé de 80 l/s (40 l/s pour chaque pompe), ses caractéristiques de ces pompes correspondent à une puissance de 84.95 kw et, un rendement de 76.2 %, ces pompes fonctionnent au même NPSH de 9.98 m.

Chaque pompe est équipée d'une conduite d'aspiration de diamètre 200 mm, et une pression de 16 bar et, un diamètre de 125 mm, et une pression de 40 bar pour la conduite de refoulement.



Figure (I.10) : Groupe de pompage EL-Aouana.

- **2.2.2. Groupe de pompage Timizert :**

Il s'agit d'un groupe composé de deux pompes identiques, une pompe en état de fonctionnement et, d'une deuxième pompe utilisée comme une pompe stand -by, en cas de dysfonctionnement de la première pompe, qui est toujours en état de marche.

Chacune des deux pompes sont parallèles l'une à l'autre (Figure (I.11)), les deux pompes sont multicellulaires de cinq étages et, chaque pompe munit d'un diamètre de roue de 241 mm et, une hauteur manométrique totale de 90.07 m pour un débit demandé de 20 l /s, ses caractéristiques de ces pompes correspondent à une puissance de 23.4kw et, un rendement de 75.4 %.

Chaque pompe est équipée d'une conduite d'aspiration de diamètre 150 mm, et une pression de 16 bar et, un diamètre de 100 mm, et une pression de 40 bar pour la conduite de refoulement.



Figure (I.11) : Groupe de pompage Timizert.

- **2.2.3. Groupe de pompage d'Ouled Bounnar :**

Il s'agit d'un groupe composé de trois pompes identiques en état de fonctionnement et, d'une quatrième pompe utilisée comme une pompe stand -by, en cas de dysfonctionnement des trois pompes, qui sont toujours en état de marche, ces pompes sont de type Omega.

Chacune des quatre pompes sont parallèles l'une à l'autre (Figure (I.12)), les quatre pompes sont monocellulaires et, chaque pompe munit d'un diamètre de roue de 652 mm et, une hauteur manométrique totale de 150 m pour un débit demandé de 900 l /s (300 l/s pour chaque pompe), ses caractéristiques de ces pompes correspondent à une puissance de 540.47 kw et, un rendement de 81.4 %.

Chaque pompe est équipée d'une conduite d'aspiration de diamètre 300 mm, et une pression de 25 bar et, un diamètre de 250 mm, et une pression de 25 bar pour la conduite de refoulement.



Figure (I.12) : Groupe de pompage d'Ouled Bounnar.

- **2.2.4. Groupe pompage Mezghitane :**

Il s'agit d'un groupe composé de deux pompes identiques en état de fonctionnement et, d'une troisième pompe utilisée comme une pompe stand -by, en cas de dysfonctionnement des deux pompes, qui sont toujours en état de marche.

Chacune des trois pompes sont parallèles l'une à l'autre (Figure (I.13)), les trois pompes sont multicellulaires de six étages et, chaque pompe munit d'un diamètre de roue de 377mm et, une hauteur manométrique totale de 240.07 m pour un débit demandé de 200 l/s (100 l/s pour chaque pompe), ses caractéristiques de ces pompes correspondent à une puissance de 297.96 kw et, un rendement de 78.9 %, ces pompes fonctionnent au même NPSH de 3.52 m.

Chaque pompe est équipée d'une conduite d'aspiration de diamètre 250 mm et, une pression de 16 bar et, un diamètre de 150 mm et, une pression de 40 bar pour la conduite de refoulement.



Figure (I.13) : Groupe de pompage Mezghitane.

III.2.3. Accessoires et équipements :

• 2.3.1. Aspiration :

Sur la canalisation qui forme la conduite d'aspiration des organes de contrôle et, d'observation sont installés (Figure (I.14)) tel que :

- Vanne manuelle avec des capteurs de la fin de cours.
- Bride de même diamètre de la conduite.
- Vacuomètre (manomètre a l'aspiration).
- Convergeant à l'entrée de la pompe.



Figure (I.14) : Organes et accessoires de la conduite d'aspiration.

- **2.3.2. Refoulement :**

Sur la canalisation qui forme la conduite du refoulement des organes de contrôle et, d'observation sont installés tels que (Figure (I.15)) :

- Un divergent.
- Manomètre de refoulement.
- Un clapet antiretour.
- Une bride de même diamètre de la conduite de refoulement.
- Une vanne motorisée.



Figure (I.15) : Organes et accessoires de la conduite de refoulement.

III.2.4. Protection de système :

- **2.4.1. Anti bélier :**

Le réservoir anti-bélier est un équipement destiné à assurer la protection des installations de pompage, il agit aussi positivement en mettant les conduites à l'abri de phénomènes transitoires, ils sont souvent liés au démarrage et à l'arrêt des pompes.

Dans ce cas le système de pompage de cette station est protégé par deux types de réservoirs anti bélier.

- **2.4.1.1. Réservoir anti bélier classique :**

Pour la conduite de refoulement Jijel une installation de deux réservoirs classiques à 40000 litres de volume chacun (Figure (I.16)).



Figure (I.16) : Réservoirs anti béliet classique.

- **2.4.1.2. Réservoir anti béliet à vessie :**

Ils sont Destinés à la protection des lignes de refoulement Timizert, EL-Aouana et, Mezghitane pour un volume de 6000 litres pour les lignes Aouana et, Mezghitane et, un volume de 50 litres pour la ligne de Timizert (Figure (I.17)).



Figure (I.17) : Réservoirs anti béliet à vessie.

III.3. Système de refoulement :

Le système de refoulement de cette station se compose principalement de quatre lignes, qui sont la ligne de Jijel, la ligne d'EL-Aouana, la ligne Timizert et, la ligne de Mezghitane, ces lignes ont été divisées, dans la station de pompage, en deux axes, qui sont l'axe de Jijel et, l'axe d'EL-Aouana.

Ce titre sera donc utilisé pour décrire les données nécessaires sur ces lignes, pour pouvoir démarrer le deuxième chapitre de ce mémoire.

III.3.1. Axe d'EL- Aouana :

La station de pompage refoule vers deux lignes principales de cet axe :

- **3.1.1. La ligne d'EL-Aouana :**

Cette station pompe à la première ligne de cet axe, vers les deux réservoirs d'EL-Aouana, ces deux réservoirs ont une capacité de 1000 m³ chacun et, ils sont posés à la cote de terrain de 146 m chacun.

La station refoule un débit de 80 l/s pour cette ligne, à une hmt de 165 m, la ligne est caractérisée par une conduite de distribution vers les deux réservoirs d'EL-Aouana de 400 mm de diamètre en fonte ductile, sur une longueur de 7790 m.

Avant d'arriver aux deux réservoirs d'EL-Aouana, deux piquages sont existants sur la ligne de refoulement, le premier piquage est destiné vers Bourchaid 1 et, le deuxième piquage est destiné vers Bourchaid 2.

- **3.1.1.1. Piquage de Bourchaid 1 :**

Sur la ligne de piquage Bourchaid 1, qui refoule un débit de 20 l/s vers le réservoir Bourchaid 1 qu'il est d'une capacité de 300 m³ et, posé à la cote de 69 m, une conduite en fonte ductile est installée sur cette ligne, munit d'un diamètre de 250 mm et, d'une longueur de 583 m.

- **3.1.1.2. Piquage de Bourchaid 2 :**

Sur la ligne de piquage Bourchaid 2, qui refoule un débit de 20 l/s vers le réservoir Bourchaid 2 qu'il est d'une capacité de 300 m³ et, posé à la cote de 72 m, une conduite en fonte ductile est installée sur cette ligne, munit d'un diamètre de 250 mm et, d'une longueur de 505 m.

- **3.1.2. La ligne de Timizert :**

Cette station pompe à la deuxième ligne de cet axe, vers le réservoir de Timizert, ce réservoir a une capacité de 1000 m³ et, il est posé à la cote de terrain de 146 m.

La station refoule un débit de 20 l/s pour cette ligne, à une hmt de 90 m, la ligne est caractérisée par une conduite de distribution vers le réservoir de Timizert de 200 mm de diamètre en fonte ductile, sur une longueur de 2380 m.

III.3.2. Axe de Jijel :

La station de pompage refoule vers deux lignes principales de cet axe :

- **3.2.1. La ligne d'Ouled Bounnar :**

Cette station pompe à la première ligne de cet axe, vers le nouveau réservoir d'Ouled Bounnar, ce réservoir a une capacité de 5000 m³ et, il est posé à la cote de terrain de 136 m.

La station refoule un débit de 900 l/s pour cette ligne, à une hmt de 150 m, la ligne est caractérisée par une conduite de distribution vers le réservoir de Bounnar de 900 mm de diamètre en fonte ductile, sur une longueur de 5657m.

- **3.2.2. La ligne de Mezghitane :**

L'installation de pompage consiste en une file de conduite d'un diamètre de 500 mm en fonte ductile reliant la station de pompage aux deux réservoirs de Mezghitane d'une capacité de 3000 m³ chacun, et ceci sur un linéaire total de 6020 m.

La station de pompage concoure à travers cette conduite à l'élévation des eaux d'un débit de 200 l/s à une hauteur géodésique de 219 m.

IV. Conclusion :

L'objectif de ce chapitre est de présenter les composants de ce projet afin de mieux comprendre son fonctionnement. Le but est de collecter les données nécessaires et de les représenter de manière descriptive, afin de faciliter la réalisation d'une étude sur le troisième et le quatrième volet de ce projet.

Chapitre II

Les circuits de refoulement

I. Introduction :

Dans ce chapitre, une étude techno-économique des circuits de refoulement sera réalisée, à partir des données acquises de la station du pompage. Un accent particulier est porté sur le cas du refoulement sur un système mixte des conduites en série et en parallèles.

II. Caractéristiques des adductions :

II.1. Type d'adduction :

Dans le cadre de l'étude de ces adductions, le système de ces circuits est un système par refoulement, qui fournit de l'énergie nécessaire pour l'élévation d'eau à une certaine hauteur, afin de vaincre les pertes de charge totale, ainsi que le potentiel de gravité.

II.2. Organes d'adduction :

II.2.1. Organes de sectionnement :

Ces organes ont été installées pour but de l'isolement d'une partie de la conduite d'adduction, en cas d'un problème connexe à cette partie, ainsi que le contrôle de débit (Godart, H. 2000) tels que :

- Robinet vanne.
- Robinet vanne papillon.

II.2.2. Organes de régulation et contrôle de l'écoulement :

Ce sont des organes de contrôle de l'écoulement dans les canalisations et l'amélioration des conditions hydrodynamiques (Hugues, G. 2000), tels que :

- Clapet : c'est un organe d'anti retour pour contrôler le passage du fluide dans un seul sens.
- La ventouse : pour l'évacuation des poches d'air contenues dans la conduite, elle s'installe sur le point le plus haut de la canalisation.

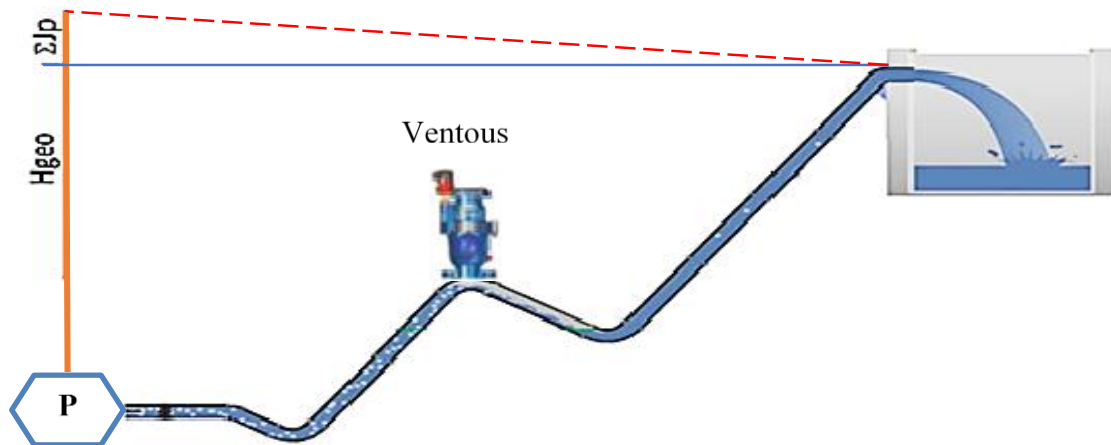


Figure (II.1) : Schéma illustratif d'installation d'une ventouse.

- Vanne de régulation du débit : régule le débit pour une valeur constante, quel que soit les variations des pressions en amont et en aval.
- Vanne de régulation de la pression amont : régulée la pression pour une valeur constante en amont, quel que soit les variations des pressions et, débits en aval.
- Vanne de régulation de la pression aval : maintenir une pression en aval constante.

II.2.3. Organes de branchement :

Ce sont des pièces de changement et de modification des canalisations, tels que :

- Les coudes : destinés pour le changement de direction.
- Les tés : raccordent la canalisation secondaire sur la canalisation principale.
- Les cônes : joignent des conduites de diamètres différents.

II.3. Choix de type du matériau :

Le choix du type de matériau est basé sur un choix optimal, suivant les critères technico-économiques tel que le coût, la résistance à la haute pression, la durée de vie de la conduite selon le matériau choisi, la disponibilité sur le marché, et de nature du sol.

Le type de matériau choisi pour cette adduction est la fonte ductile, pour les raisons suivantes :

- Disponibilité sur le marché national.
- Résistances aux contraintes (chocs, écrasement, déplacement du terrain).
- Longue durée de vie.
- Facilité d'assemblage.

II.4. Schéma synoptique d'adduction :

Pour la présentation des circuits de refoulement, le schéma synoptique (Figure (II.2)) est introduit pour illustrer la chaîne d'alimentation. Le système d'adduction se compose généralement de quatre circuits de refoulement, circuit d'Ouled Bounnar, circuit de Mezghitane, circuit d'EL- Aouana, et circuit de Timizert. L'étude technico-économique portera sur chaque système d'adduction séparément.

III. Etude techno-économique :

Une étude techno-économique est nécessaire pour le choix du diamètre, qui correspond aux conditions techniques les plus adaptées et, d'une façon économique pour cette adduction, ce qui permet d'estimer un coût de revient minimale pour ces conditions techniques.

III.1. Étude théorique du diamètre économique :

III.1.1. Les choix techniques des diamètres :

Pour le bon choix du diamètre optimal, une gamme des diamètres correspondant à une vitesse d'écoulement comprise entre 0,5 m/s et 2 m/s sera déterminée.

D'après la loi de continuité :

$$Q = S \times V \quad (\text{II.1})$$

Avec :

Q : Débit véhiculé en m³/s.

S : surface de la conduite en m².

V : vitesse d'écoulement en m/s.

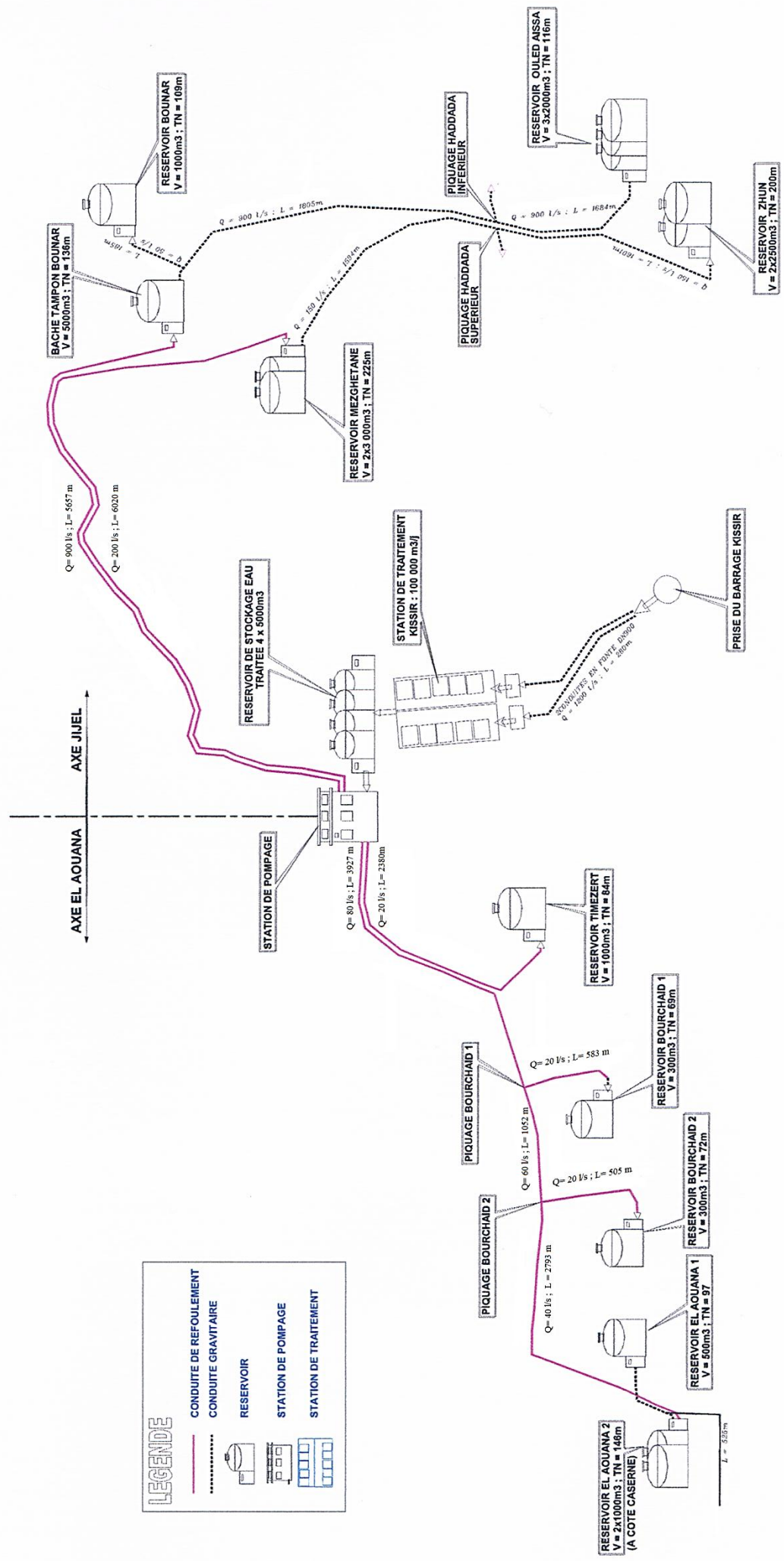


Figure (II.2) : Schéma synoptique de la présentation des circuits de refolement.

On peut déduire le diamètre tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad (\text{II.2})$$

- Pour un diamètre minimal, la vitesse doit être maximale :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v_{\max}}} \quad (\text{II.3})$$

- Pour un diamètre maximal, la vitesse doit être minimale :

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v_{\min}}} \quad (\text{II.4})$$

III.1.2. Calcul de la vitesse :

Selon l'équation de continuité, elle est donnée par la formule suivante :

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (\text{II.5})$$

Où :

S : surface de la conduite en m².

V : vitesse d'écoulement en m/s.

Q : Débit véhiculé en m³/s.

III.1.3. Calcul des pertes de charges :

- **1.3.1. Pertes des charges linéaires :**

Elles sont déterminées par la formule de Darcy-Weisbach :

$$J_L = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5} \quad (\text{II.6})$$

Avec :

J_L : perte de charge linéaire en m.

L : Longueur de la conduite (ml).

λ : Coefficient de frottement, dépendant des conditions d'écoulement ainsi que la rugosité de la conduite. Pour son évaluation, on utilise la formule explicite de Achour (2007) :

$$\lambda = \left[-2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{10.04}{\bar{R}} \right) \right]^{-2} \quad (\text{II.7})$$

Où \bar{R} est donné par :

$$\bar{R} = 2 \times R_e \left[-\log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{5.5}{R_e^{0.9}} \right) \right]^{-1} \quad (\text{II.8})$$

Avec :

ε : rugosité de la conduite en fonte ductile est de 0.8 mm, pour une marge de vieillissement de la conduite pour une durée de 30 ans.

La valeur de la rugosité sera comme la suite :

Soit :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \alpha \times t \quad (\text{II.9})$$

Avec :

ε_0 : la rugosité absolue des tuyaux à l'état neuf égales à 0,8 mm.

α : le coefficient de vieillissement de conduite déterminée à partir de l'abaque de PETER LAMONT qui correspond à la zone de faible agressivité (voir annexe 01), égal à 0,03 mm/an.

t : la durée d'utilisation de la conduite ($t = 30$ ans), quelle est donc 1.7 mm.

R_e nombre de Reynolds donné par la formule suivante :

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu} \quad (\text{II.10})$$

ν : viscosité cinématique de l'eau, elle est donnée par la formule de stocks.

$$\nu = \frac{0.0178}{(1 + 0.0337t + 0.000221t^2)} \quad (\text{II.11})$$

t : température de l'eau.

Sa valeur est de $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ pour une température de 20°C.

- **1.3.2. Pertes des charges singulières :**

Les pertes de charges singulières sont générées par les singularités telles que les coudes, les vannes, les clapets, elles sont estimées à 20% des pertes de charges linéaires.

Donc :

$$J_s = 0.2 \times J_L \quad (\text{II.12})$$

Avec :

J_s : perte de charge singulière.

- **1.3.3. Pertes des charges totales :**

Représente la somme des pertes de charges linéaires et singulières pour chaque conduite.

$$J_T = J_L \times 1,2 \quad (\text{II.13})$$

III.1.4. Calcul de la hauteur manométrique :

C'est l'énergie mécanique par unité de poids que doit générer une pompe pour vaincre la hauteur géométrique de refoulement ainsi que les pertes de charge.

$$H_{mt} = H_g + J_T \quad (\text{II.14})$$

H_{mt} : Hauteur manométrique totale (m).

H_g : Hauteur géométrique (m).

III.1.5. Calcul de la puissance absorbée par la pompe :

La puissance absorbée au niveau de l'arbre de la pompe est déterminée par la relation suivante :

$$P_a = \frac{\rho \times g \times H_{mt} \times Q}{\eta} \quad (\text{II.15})$$

Avec :

P_a : la puissance absorbée par la pompe (w).

η : rendement de la pompe.

III.1.6. Energie consommée par la pompe :

Elle est déterminée comme suit :

$$E = P \times T \times 365 \quad (\text{II.16})$$

Avec :

E : énergie annuelle consommée par la pompe (kwh).

P : puissance absorbée par la pompe (kw).

T : nombre d'heure de pompage (20 h pour la station de pompage étudiée).

III.1.7. Frais d'exploitation :

Le prix unitaire de l'énergie électrique est 7.25 (DA/Kwh) d'après les tarifs de Sonelgaz, le cout de l'énergie consommée par la pompe sera ainsi :

$$F_{\text{exp}} = E \times e \quad (\text{II.17})$$

E : énergie consommée par la pompe (kwh).

e : prix de l'unité de l'énergie (DA/Kwh).

III.1.8. Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont déterminés comme suit :

$$F_{\text{amrt}} = A \times Cc \quad (\text{II.18})$$

Cc : coût total de la canalisation.

A : amortissement annuel :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (\text{II.19})$$

i : Taux d'annuité, i= 8% en Algérie.

n : Durée d'amortissement de la conduite, n=30 ans.

III.1.9. Le calcul du bilan :

Le calcul du bilan doit être le minimum possible, le bilan est déterminé comme suit :

$$B = F_{\text{am}} + F_{\text{ex}} \quad (\text{II.20})$$

IV. Dimensionnement des circuits d'adduction :

IV.1. Circuit D'Ouled Bounnar:

IV.1.1. Caractéristiques du circuit :

- Débit demandé : $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Longueur de la canalisation : 5657m .
- Le niveau normal d'eau dans le réservoir : 4 m .
- La cote du terrain de nouveau réservoir d'Ouled Bounnar : 136 m .

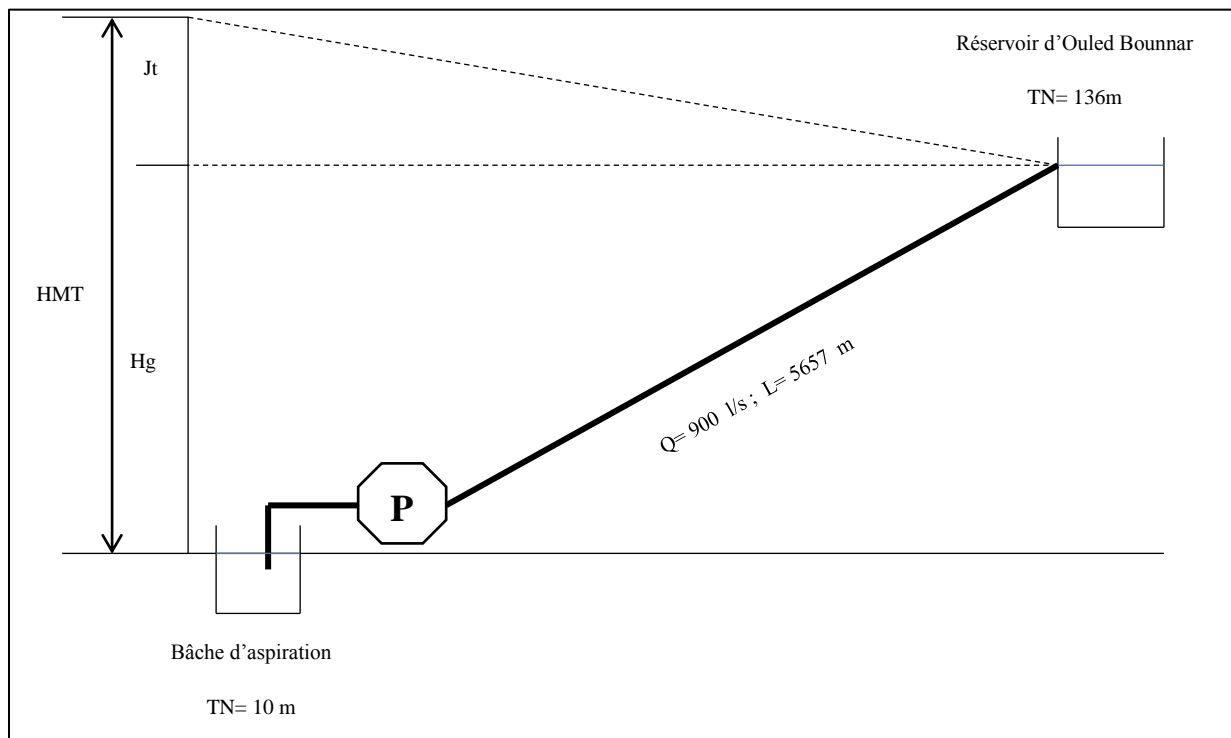


Figure (II.3) : Schéma illustratif du circuit d'Ouled Bounnar.

IV.1.2. Intervalle de choix du diamètre économique :

- Diamètre minimale :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.9}{\pi \times 2}} = 0.757 \text{ m}$$

Donc le diamètre minimal égal 800 mm.

- Diamètre maximale :

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times 0.9}{\pi \times 0.5}} = 1.514 \text{ m}$$

Donc le diamètre maximal égal 1500 mm.

Pour le choix du diamètre économique, une gamme des diamètres normalisés de 0.8 m, 0.9 m et 1 m, a été choisie selon la disponibilité au marché et en respectant les conditions techniques.

Pour effectuer cette étude d'une manière simple et ordonnée, les résultats sont résumés dans les tableaux suivants pour chaque circuit.

IV.1.3. Calcul de la hauteur manométrique totale :

Tableau (II.1) : Calcul de la hauteur manométrique totale pour les différents diamètres, (Circuit D'Ouled Bounnar).

D (m)	V (m/s)	R_e	λ	J_L (m)	J_T (m)	H_{MT} (m)
0,80	1,79	1433121,02	0,0239	27,65	33,18	163,18
0,90	1,42	1273885,35	0,0232	14,89	17,87	147,87
1,00	1,15	1146496,82	0,0226	8,57	10,28	140,28

IV.1.4. Frais d'exploitation :

Tableau (II.2) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit D'Ouled Bounnar).

D (m)	Pa (kw)	E (Kwh)	e (DA/Kwh)	Frais _{ex} (DA)
0,80	2058,11	15024229,34	7,25	108925662,68
0,90	1865,03	13614685,03	7,25	98706466,46
1,00	1769,31	12915992,76	7,25	93640947,54

IV.1.5. Frais d'amortissement :

Tableau (II.3) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit D'Ouled Bounnar).

D (m)	Pu (DA)	L (m)	Frais _{am} (DA)
0,80	33600,02	5657	16883901,57
0,90	40705,18	5657	20454221,53
1,00	47330,53	5657	23783438,52

IV.1.6. Bilan des frais :

Tableau (II.4) : Calcul du bilan, (Circuit D'Ouled Bounnar).

D (m)	V (m/s)	Frais _{Am} (DA)	Frais _{ex} (DA)	Bilan (DA)
0,80	1.79	16883901,57	108925662,68	125809564,26
0,90	1.42	20454221,53	98706466,46	119160687,99
1,00	1.15	23783438,52	93640947,54	117424386,05

IV.1.7. Discussion des résultats :

D'un point de vue techno-économique et, après avoir établi le bilan des frais pour chaque diamètre qui correspond aux conditions techniques, le diamètre le plus satisfaisant pour ce circuit est le 1000 mm.

IV.2. Circuit de Mezghitane :**IV.2.1. Caractéristiques du circuit :**

- Débit demandé : $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Longueur de la canalisation : 6020 m.
- Le niveau normal d'eau dans le réservoir : 4 m.
- La cote du terrain de nouveau réservoir de Mezghitane : 225 m.

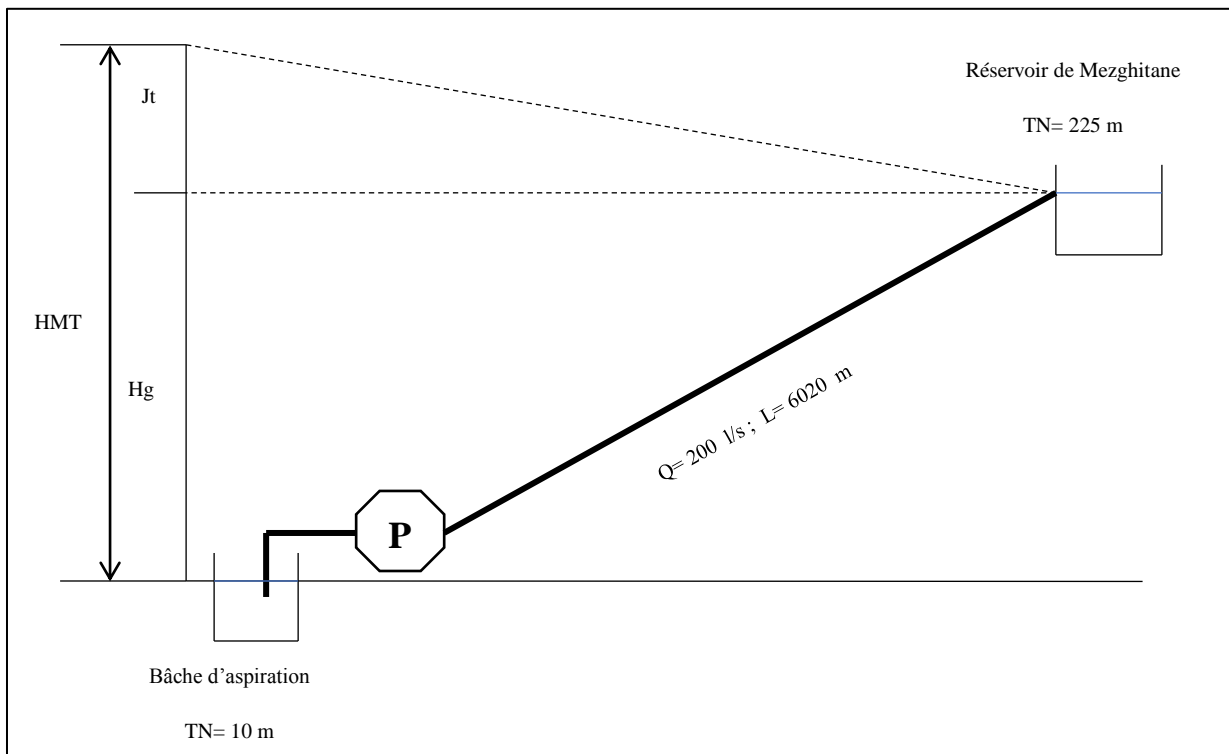


Figure (II.4) : Schéma illustratif du circuit de Mezghitane.

IV.2.2. Intervalle de choix du diamètre économique :

- Diamètre minimale :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.2}{\pi \times 2}} = 0.357m$$

Donc le diamètre minimal égal 400 mm.

- Diamètre maximale :

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times 0.2}{\pi \times 0.5}} = 0.714m$$

Donc le diamètre maximal égal 700 mm.

Pour le choix du diamètre économique, une gamme des diamètres normalisés de 0.4 m, 0.45 m, 0.5 m, 0.6 m et 0.7 m a été choisie.

IV.2.3. Calcul de la hauteur manométrique totale :

Tableau (II.5) : Calcul de la hauteur manométrique totale pour les différents diamètres, (Circuit de Mezghitane).

D (m)	V (m)	R _e	λ	J _L (m)	J _T (m)	H _{MT} (m)
0.4	1,59	636942,68	0,0291	56,54	67,84	286,84
0.45	1,26	566171,27	0,0282	30,36	36,43	255,43
0.5	1,02	509554,14	0,0274	17,42	20,90	239,90
0.6	0,71	424628,45	0,0261	6,68	8,01	227,01
0.7	0,52	363967,24	0,0251	2,97	3,57	222,57

IV.2.4. Frais d'exploitation :

Tableau (II.6) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit de Mezghitane).

D (m)	Pa (kw)	E (Kwh)	e (DA/Kwh)	Frais _{ex} (DA)
0.4	803,99	5869090,81	7.25	42550908,35
0.45	715,93	5226282,00	7.25	37890544,52
0.5	672,41	4908617,91	7.25	35587479,83
0.6	636,28	4644820,97	7.25	33674952,00
0.7	623,83	4553928,79	7.25	33015983,73

IV.2.5. Frais d'amortissement :*Tableau (II.7) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit de Mezghitane).*

D (m)	Pu (DA)	L (m)	Frais _{am} (DA)
0.4	11856,93	6020	6340388,13
0.45	14018,46	6020	7496247,12
0.5	16232,11	6020	8679976,82
0.6	20813,05	6020	11129593,85
0.7	28257,82	6020	15110618,56

IV.2.6. Bilan des frais :*Tableau (II.8) : Calcul du bilan, (Circuit de Mezghitane).*

D (m)	V (m/s)	Frais _{Am} (DA)	Frais _{ex} (DA)	Bilan (DA)
0.4	1,59	6340388,13	42550908,35	48891296,48
0.45	1,26	7496247,12	37890544,52	45386791,64
0.5	1,02	8679976,82	35587479,83	44267456,66
0.6	0,71	11129593,85	33674952,00	44804545,84
0.7	0,52	15110618,56	33015983,73	48126602,29

IV.2.7. Discussion des résultats :

D'un point de vue techno-économique et, après avoir établie le bilan des frais pour chaque diamètre qui correspond aux conditions techniques, le diamètre le plus indiqué pour ce circuit est le 500 mm.

IV.3. Circuit de Timizert :**IV.3.1. Caractéristiques du circuit :**

- Débit demandé : 0.02 m³/s.
- Longueur de la canalisation : 2380m.
- Le niveau normal d'eau dans le réservoir : 4 m.
- La cote du terrain de nouveau réservoir de Timizert : 84 m.

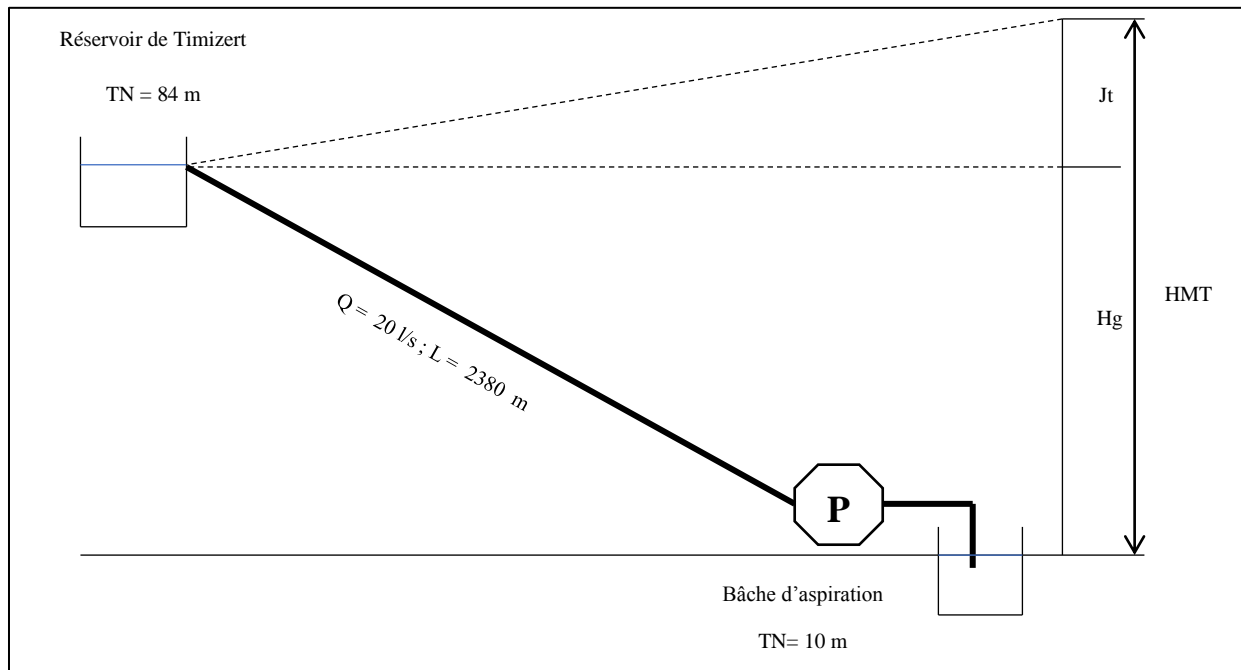


Figure (II.5) : Schéma illustratif du circuit de Timizert.

IV.3.2. Intervalle de choix du diamètre économique :

- Diamètre minimale :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.02}{\pi \times 2}} = 0.113 \text{ m}$$

Donc le diamètre minimal égal 125 mm.

- Diamètre maximale :

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times 0.02}{\pi \times 0.5}} = 0.227 \text{ m}$$

Donc le diamètre maximal égal 200 mm.

Pour le choix du diamètre économique, une gamme des diamètres normalisés de 0.125 m, 0.15 m et 0.2 m, été choisie selon la disponibilité au marché et en respectant les conditions techniques.

IV.3.3. Calcul de la hauteur manométrique totale :

Tableau (II.9) : Calcul de la hauteur manométrique totale pour les différents diamètres, (Circuit de Timizert).

D (m)	V (m/s)	R_e	λ	J_L (m)	J_T (m)	H_{MT} (m)
0,125	1,63	203821,66	0,0424	109,34	131,21	209,21
0,15	1,13	169851,38	0,0399	41,32	49,58	127,58
0,2	0,64	127388,54	0,0364	8,95	10,75	88,75

IV.3.4. Frais d'exploitation :

Tableau (II.10) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit de Timizert).

D (m)	Pa (kw)	E (Kwh)	e (DA/Kwh)	Frais _{ex} (DA)
0,125	58,64	428052,91	7,25	3103383,61
0,15	35,76	261045,27	7,25	1892578,21
0,2	24,87	159776,04	7,25	1158376,30

IV.3.5. Frais d'amortissement :

Tableau (II.11) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit de Timizert).

D (m)	Pu (DA)	L (m)	Frais _{am} (DA)
0,125	2 200,80	2380	465269,55
0,15	4 385,78	2380	927194,61
0,2	5 235,19	2380	1106767,77

IV.3.6. Bilan des frais :

Tableau (II.12) : Calcul du bilan, (Circuit de Timizert).

D (m)	V (m/s)	Frais _{Am} (DA)	Frais _{ex} (DA)	Bilan (DA)
0,125	1,63	465269,55	3103383,61	3568653,16
0,15	1,13	927194,61	1892578,21	2819772,81
0,2	0,64	1106767,77	1158376,30	2423225,52

IV.3.7. Discussion des résultats :

D'un point de vue techno-économique et, après avoir établie le bilan des frais pour chaque diamètre qui correspond aux conditions techniques, le diamètre économique pour ce circuit est le 200 mm.

IV.4. Circuit d'EL-Aouana :

IV.4.1. Calcul d'adduction :

Ce circuit est considéré comme un ensemble de trois tronçons liés en série avec deux piquages. Pour l'étude techno-économique de ce circuit. On aura recours à un calcul d'optimisation non linéaire couplant les conditions hydrauliques aux contraintes économiques du problème.

L'objectif est de parvenir à trouver à la fois les diamètres des trois conduites en série satisfaisant au même temps les bonnes conditions hydrodynamiques de l'écoulement et le coût total devant être le minimum possible.

Dans les points suivants, un moyen de résoudre ce problème sera expliqué :

1. Etablir l'approximation de la fonction du coût des conduites en fonction des diamètres, qui est du type polynomial, tel que :

$$Cc = \sum_{i=1}^n a_i \times x^i \quad (\text{II.21})$$

2. Pour optimiser donc l'ensemble du réseau, on est amené à créer une autre fonction permettant de contrebalancer la fonction objective des conduites. Cette fonction traduira les frais d'exploitation lié à la hauteur manométrique totale du circuit. La fonction des frais d'exploitation du circuit sera :

$$F_{ex} = E_{total} \times e \quad (\text{II.22})$$

3. La fonction objective totale de l'investissement a minimisé sera :

$$\min \sum (A \times L_i \times Cc_i) + F_{ex} = \min \left\{ (A \times \sum (L_i \times a_i \times x^i)) + (E_{total} \times e) \right\} \quad (\text{II.23})$$

La résolution de ce problème ainsi formulé est complexe. Pour y parvenir, il faut réaliser un modèle d'optimisation non linéaire de la manière suivante :

1. À partir d'une répartition initiale arbitraire des diamètres pour les trois conduites, la perte de charge totale est calculée.

2. Sachant que le prix des différents diamètres de même matériau (pour cette étude c'est la fonte ductile, annexe 02), suit une fonction polynomiale (voir annexe 03), les frais d'amortissement total sont calculés pour les conduites.
3. À partir de la hauteur manométrique totale de ce circuit, les frais d'exploitations sont calculés.
4. À l'aide d'un modèle de calcul non linéaire, le minimum de la fonction objective est trouvé.
5. Les diamètres théoriques ainsi calculés sont normalisés.

Pour la détermination du diamètre pour les deux piquages de ce circuit, leur système d'adduction est considéré comme deux adductions gravitaires.

• **4.1.1. Caractéristique du circuit :**

Tronçon 1 :

- Débit demandé : $0.08 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Longueur de la canalisation : 3927m.

Tronçon 2 :

- Débit demandé : $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Longueur de la canalisation : 1052m.

Tronçon 3 :

- Débit demandé : $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Longueur de la canalisation : 2793m.
- La cote du terrain de réservoir EL-Aouana : 146 m.

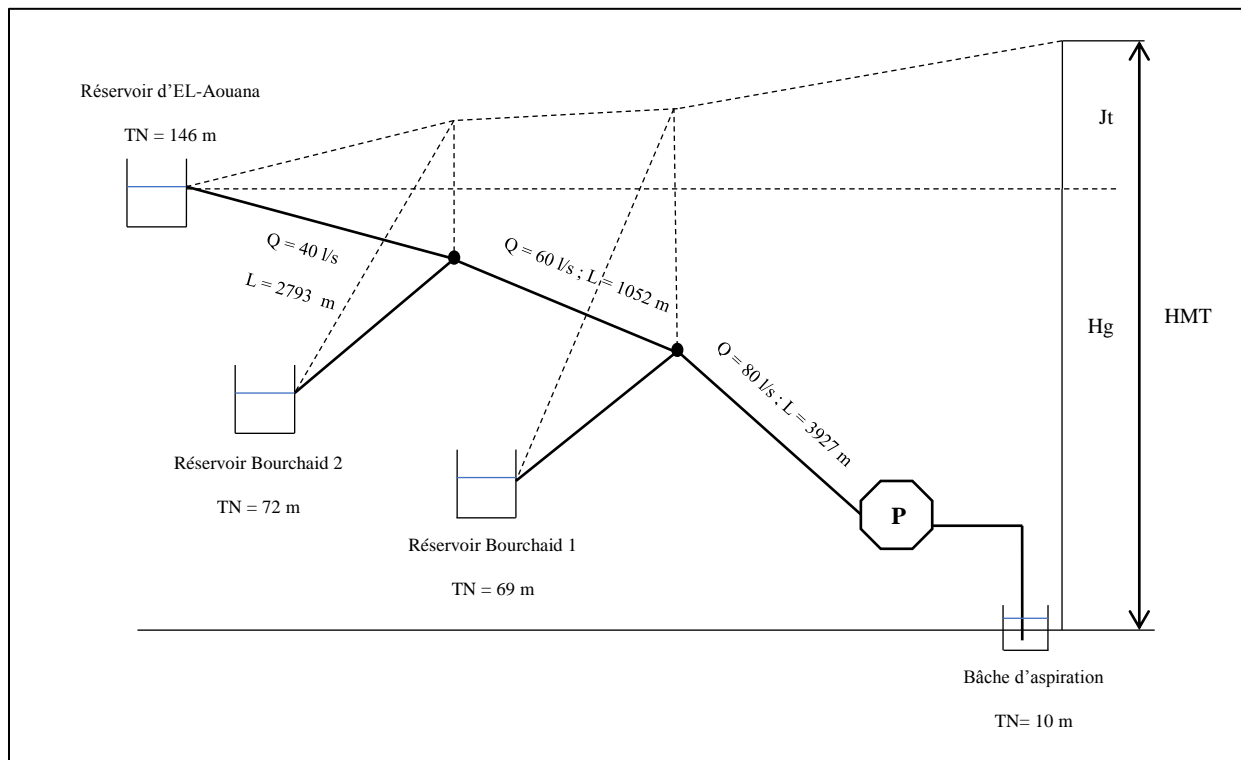


Figure (II.6) : Schéma illustratif du circuit d'El-Aouana.

Après calcul, les résultats sont regroupés dans les tableaux suivants :

• 4.1.2. Calcul de la hauteur manométrique totale :

Tableau (II.13) : Calcul de la hauteur manométrique totale, (circuit El-Aouana).

Tronçon	D_{th} (m)	V (m/s)	λ	L (m)	Q (m^3/s)	R	J_L (m)	J_{Tot} (m)
1	0,347	0,84	0,0305	3927	0,08	1960,19	12,55	15,05
2	0,319	0,75	0,0313	1052	0,06	822,52	2,96	3,55
3	0,283	0,63	0,0326	2793	0,04	4121,10	6,59	7,91

• 4.1.3. Calcul des frais d'exploitation :

Tableau (II.14) : Calcul des frais d'exploitation, (Circuit El-Aouana).

H_{mt} (m)	Pa (kw)	E (Kwh)	F_{exp} (DA)
166,52	186,69	1362857,69	9880718,29

- **4.1.4. Calcul des frais d'amortissement :**

Tableau (II.15) : Calcul des frais d'amortissement, (Circuit El-Aouana).

Conduite	D (m)	L (m)	Pu (DA/mL)	F _{amort} (DA)
1	0,347	3927	10083,82	3517494,21
2	0,319	1052	9012,46	842183,17
3	0,283	2793	7709,83	1912770,78

- **4.1.5. Bilan des frais :**

Tableau (II.16) : Calcul du bilan (Circuit El-Aouana).

F _{amort}	F _{exp} (DA)	Bilan
6272448,16	9880718,29	16153166,41

- **4.1.6. Discussion des résultats :**

D'un point de vue techno-économique et, après avoir établie le bilan des frais pour chaque diamètre qui corresponde aux conditions techniques, les diamètres les plus rentables de chaque conduite de circuit sont normalises comme suit :

- Un diamètre de 350 mm a été choisi pour la première conduite.
- Un diamètre de 300 mm a été choisi pour la deuxième conduite.
- Un diamètre de 300 mm a été choisi pour la troisième conduite.

Les différents résultats pourtant sur les profils piézométriques sont reportés sur la (Figure (II.7)).

IV.4.2. Calcul des piquages :

- **4.2.1. Calcul des pertes de charges pour les piquages :**

Il est déterminé à partir de la différence entre la charge hydraulique au point de prélèvement et la cote sur lequel le réservoir est calé.

$$J = H_i - Z_r \quad (\text{II.24})$$

Avec :

J : la perte de charge totale (m).

H_i : la charge hydraulique au point de piquage (m).

Z_r : la cote sur lequel le réservoir est calé (m).

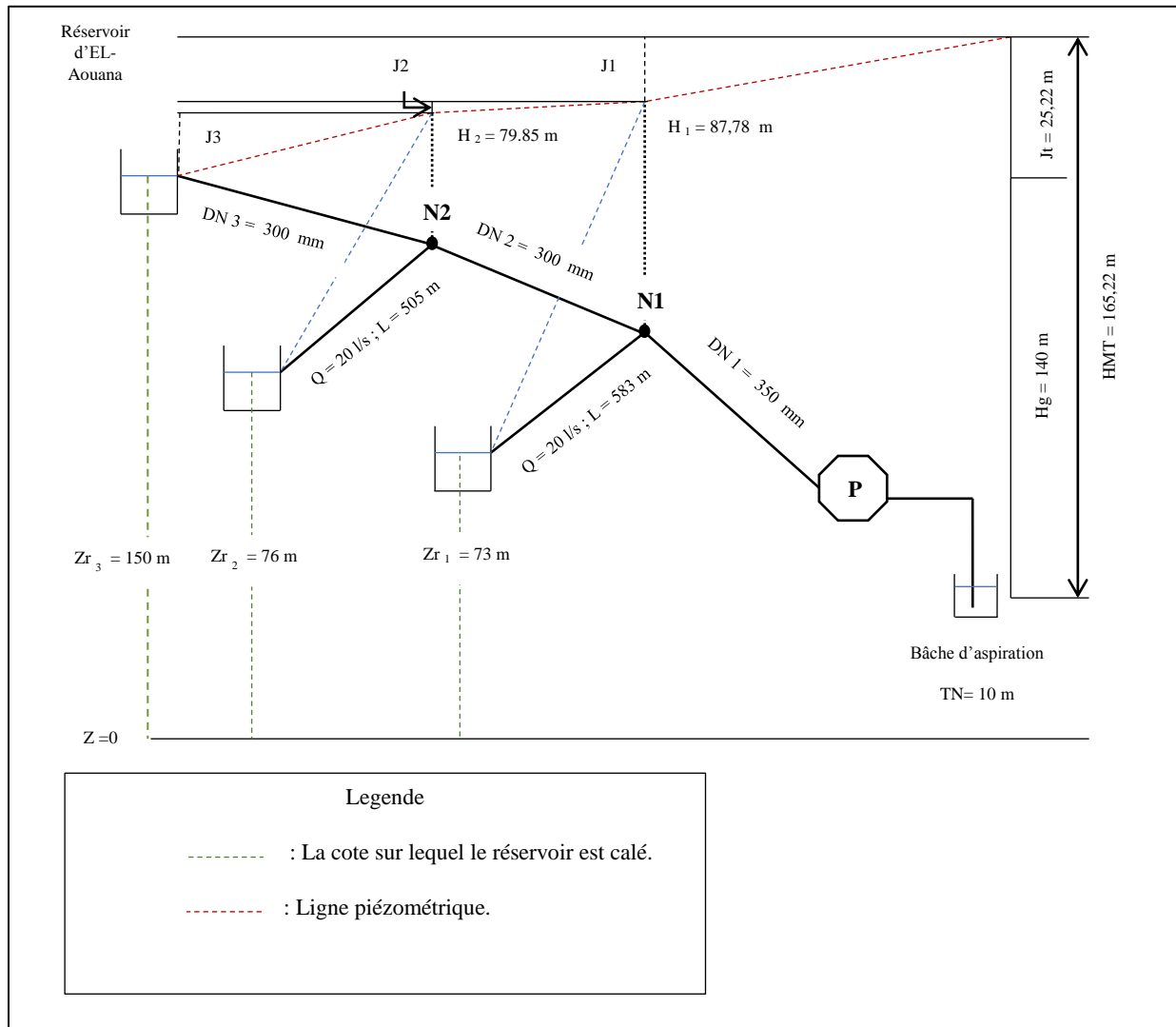


Figure (II.7) : Schéma illustratif des cotes piézométriques du circuit d'El-Aouana.

• 4.2.2. Calcul des diamètres pour les deux piquages :

Le système d'adduction de ces deux piquages est considéré comme une adduction gravitaire, donc le calcul du diamètre sera par une formulation explicite donnée par Achour (2007) par usage de la MMR comme suit :

$$D = 1.35\bar{D} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/D}{4.75} + \frac{8.7}{R} \right) \right]^{-2/5} \quad (II.25)$$

Où :

\bar{D} est le diamètre du modèle rugueux de référence :

$$\bar{D} = (2\pi^2)^{-1/5} \left[\frac{Q^2}{gj} \right]^{1/5} \quad (\text{II.26})$$

j : gradient de la perte de charge.

\bar{R} Nombre de Reynolds est donné quant à lui par :

$$\bar{R} = \frac{4Q}{\pi Dv} \quad (\text{II.27})$$

Les résultats du calcul pour chaque conduite du piquage sont récapitulés dans le tableau suivant :

*Tableau (II.17) : Calcul du diamètre théorique pour les deux piquages,
(Bourchaid 1 et Bourchaid 2).*

Piquage	\bar{D}	\bar{R}	D (m)	Q (m ³ /s)	j (m/m)	v (m/s)
01	0,152	167389,82	0,140	0,020	0,025	1,304
02	0,193	131632,07	0,175	0,020	0,008	0,831

• 4.2.3. Discussion des résultats :

D'un point de vue technique et, après avoir calculé les pertes de charge pour chaque piquage, les diamètres convenables de chaque conduite pour les deux piquages son de 150 mm.

• 4.2.4. Calcul du vannage et réglage du débit :

Vu que nous avons normalisées le diamètre de chacun des conduites à un diamètre supérieur au diamètre théorique, la section des conduites deviendra également plus grande elle aussi. Donc le débit dépassera le débit requis.

Pour équilibrer ce débit, nous avons recours à installer deux robinets vanne pour chacune des conduites de piquages, le but est d'augmenter les pertes de charges singulières à travers les deux robinets, tels que la somme des pertes de charges résultantes équilibre le nouveau débit jusqu'à ce qu'il atteigne le débit requis. Le principe est de changer la trajectoire de la particule fluide par action de décollement, ceci va engendrer une perte de charge singulière.

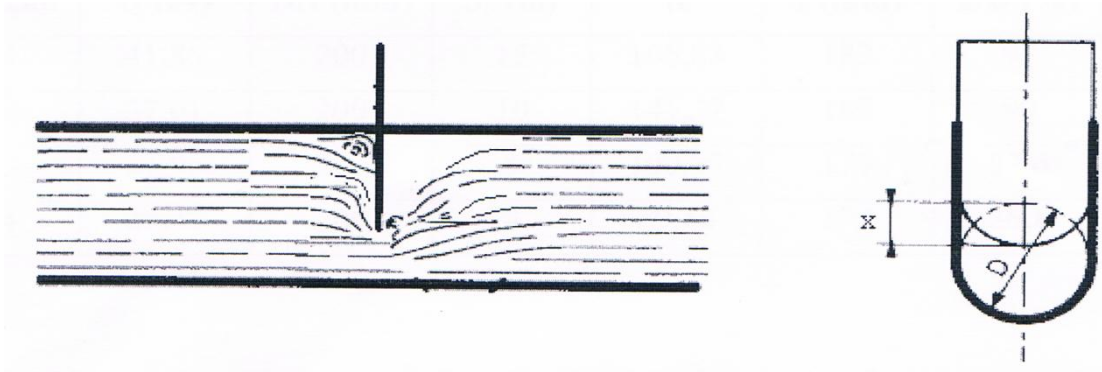


Figure (II.8) : Action de décollement de la particule fluide par un vannage.

La perte de charge singulière est donnée comme suit :

$$J_s = H_i - Z_r - J_L \quad (\text{II.28})$$

Sachant que :

$$J_s = K_s \times \frac{Q^2}{2 \times g \times S^2} \quad (\text{II.29})$$

Où :

J_s : perte de charge singulière (m).

K_s : coefficient de perte de charge singulière.

Le coefficient de perte de charge singulière K_s pour un robinet vanne est donné par :

$$K_s = 0.2 + \frac{23.8 \times \left(\frac{x}{D}\right)^5}{1 - \left(\frac{x}{D}\right)} \quad (\text{II.30})$$

Avec :

x : abaissement de l'opercule du robinet vanne (mm).

D : diamètre de la conduite (mm).

Cette équation (II.30), c'est une équation non linéaire, pour la résoudre un calcul itératif a été lancé.

Après avoir trouvé le pourcentage de fermeture, un tableau donnant le nombre de tour nécessaire à l'obturation de la conduite permet de trouver le nombre nécessaire pour la fermeture voulue (voir annexe 04).

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau (II.18) : Calcul du nombre de tours de fermetures des vannes.

N° piquage	Q (l/s)	DN (mm)	J_s (m)	$K_s/2$	x (mm)	x/D (%)	N ^{bre} tours
Piquage 01	20	150	4.66	35,68	118,73	79,16	23,75
Piquage 02	20	200	1.95	14,93	142	71	23,43

• 4.2.4.1. Discussions des résultats :

Pour le réglage du débit pour les deux piquages, les deux vannes robinet qui ont un diamètre respectivement de 160 mm et 200 mm, sont ajoutées à l'extrémité de chaque conduite. Chaque vanne robinet est fermée partiellement de 23.75 tours pour le premier piquage, et de 23.43 tours pour le deuxième piquage.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre, une étude techno-économique d'adduction a été réalisée pour le projet de pompage de Kissir (w. Jijel), les résultats obtenus pour cette étude sont résumés dans des tableaux pour chaque adduction.

Après avoir dimensionné les conduites d'adduction. Le prochain chapitre va désormais porter sur le choix de la pompe qui répond aux différentes conditions de refoulement, et une étude minutieuse pour le choix des pompes idéales pour chaque groupe de pompage sera réalisée.

Les résultats du calcul pour chaque circuit de refoulement sont récapitulés dans la (Figure (II.9)).

Chapitre III

Choix des pompes

I. Introduction :

Ce chapitre a pour but l'étude et le choix des pompes adaptées aux exigences du projet de pompage de Kissir (w. Jijel), et qui permettront d'assurer les débits requis et les hauteurs manométriques totales au niveau de chaque circuit de refoulement.

II. Classification et choix des pompes :

Une pompe c'est une machine capable d'élever un liquide à partir d'un endroit de bas potentiel vers, un endroit de potentiel plus élevé ceci accompli par une transformation d'énergie mécanique en une pression à l'intérieur de la pompe.

Suivant le mode de déplacement du liquide à l'intérieur de la pompe, les pompes sont classées en deux grandes catégories, les pompes volumétriques et les turbopompes (Bonnin, 1977) :

II.1. Les pompes volumétriques :

L'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide. Elles sont surtout destinées au pompage des fluides visqueux. Les pompes volumétriques consistent en un déplacement de volumes élémentaires de l'aspiration vers le refoulement, on distingue les pompes alternatives (à piston, à diaphragme...) et des pompes rotatives (à vis, à engrenage, à palettes hélicoïdales, péristaltiques ...).

II.2. Les turbopompes :

Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge. Ce type est le plus utilisée en ingénierie hydraulique, vu les avantages qu'il présente notamment :

- La facilité d'entraînement (électrique, à combustion).
- Facilité d'entretien.
- Encombrement réduit (huit fois moins que les autres types).

II.2.1. Classification des turbopompes :

La classification des turbopompes s'effectue généralement suivant les divers critères, on peut distinguer :

- **2.1.1. Le type de la roue :**

Suivant le chemin du liquide à l'intérieur de la pompe, on peut distinguer trois types de roues :

- Les pompes centrifuges (roue radiale), représentée dans la (Figure (III.1)).
- Les pompes axiales (roue hélico), représentée dans la (Figure (III.2)).
- Les pompes hélico-centrifuges (roue semi-radial), représentée dans la (Figure (III.3)).

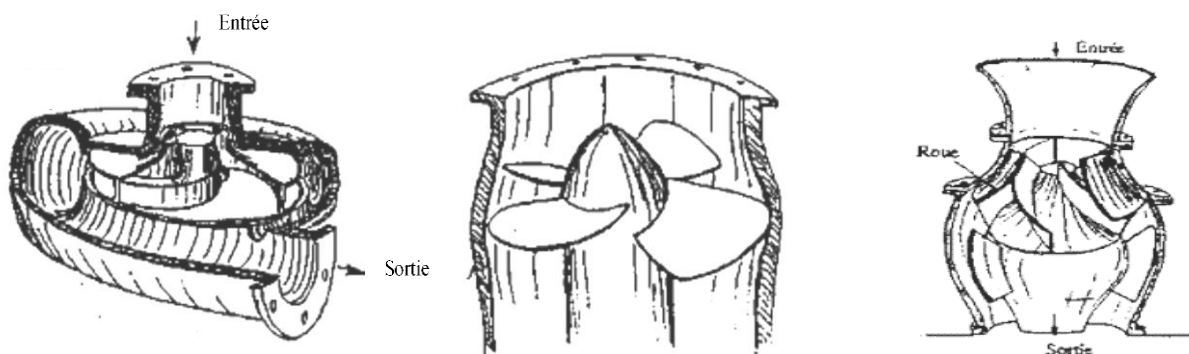


Figure (III.1) : Roue radiale. Figure (III.2) : Roue hélico. Figure (III.3) : Roue semi- radiale.

- **2.1.2. Le nombre d'étage :**

Suivant le nombre de roues couplées entre elles, on distingue :

- Les Pompes monocellulaires (une seule roue).
- Les pompes multicellulaires (plusieurs roues).

Une pompe multicellulaire se compose de plusieurs roues disposées en série et chaque cellule forme un étage.

- **2.1.3. La disposition de l'axe de la pompe :**

Selon ce critère, il existe deux types d'installation pour les groupes électropompes, on distingue :

- Installation d'un groupe électropompe à axe horizontale, (pompe de surface).
- Installation d'un groupe électropompe à axe vertical, (pompe immergée).

II.3. Choix des pompes :

Le choix d'une pompe se fait à partir d'un catalogue de pompes disponibles auprès des manufacturiers. Les points de fonctionnement sont utilisés pour le choix de la pompe la plus satisfaisante et qu'elle permet d'avoir un meilleur rendement possible. Le choix dépend des caractéristiques hydrauliques des installations projetées à savoir, (Dupont, 1979) :

- Le débit demandé.
- La hauteur manométrique totale.
- Le meilleur rendement possible.

III. Principe de fonctionnement et constitution d'une pompe centrifuge :

III.1. Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge est basé sur la transformation d'énergie mécanique en une énergie cinétique appliquée sur le fluide, grâce à la force centrifuge produite par la vitesse de rotation ou les impulsions produites par la roue. Ce qui provoque le mouvement continu du fluide vers le diffuseur ou encore la volute, et il sera dirigé dans la conduite de refoulement, (Dupont, 1979).

III.2. Constitution d'une pompe centrifuge :

Les différents organes d'une pompe comme montre la figure (III.4), sont constitués pour répondre à un besoin spécifique pour refouler un débit Q sur une hauteur H , tels que ces organes sont :

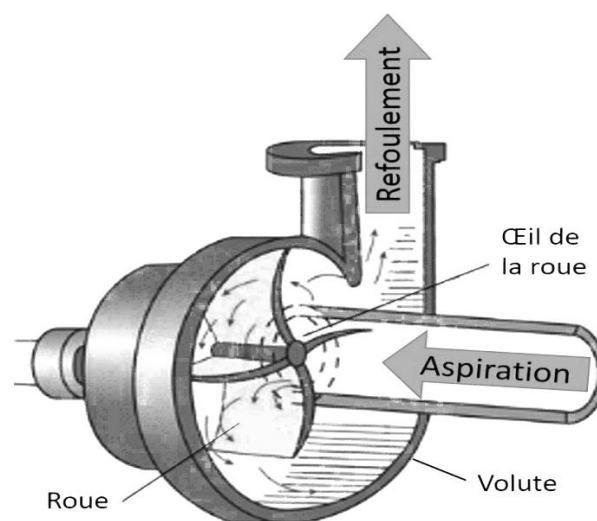


Figure (III.4) : Les organes d'une pompe centrifuge.

III.2.1. La volûte :

Appelée aussi le colimaçon, c'est un élément ou organe en tubulure profilée qui a pour rôle de convertir l'énergie cinétique à la sortie de la roue en énergie de pression disponible sur la bride de refoulement. Pour une pompe multicellulaire la volute est remplacée par un diffuseur (Figure (III.4)).

III.2.2. La roue :

C'est élément rotatif entraîné par le moteur, appelée aussi impulseur, elle est responsable de l'impression du moment cinétique au fluide avant de le transmettre à la volûte. Elle est formée d'aubages dont la courbure de concavité est dirigée dans le sens inverse de la rotation, en général une roue est caractérisée par :

- Son diamètre.
- Sa longueur.
- Sa vitesse de rotation.

Pour amortir la pousse axiale, la roue est dotée de trous d'équilibrage, On distingue trois types de roue :

- Roue fermée, représenté dans la (Figure (III.5)).
- Roue ouverte, représenté dans la (Figure (III.6)).
- Roue semi-ouverte, représenté dans la (Figure (III.7)).

Pour doubler la capacité d'une pompe il est fréquent de coupler les roues, tels que :

- Couplage en série pour augmenter la hauteur manométrique totale.
- Couplage en parallèle pour augmenter le débit.

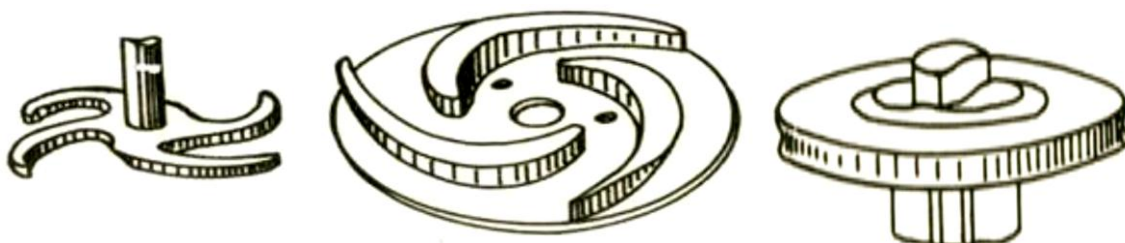


Figure (III.7) : Roue ouverte. Figure (III.6) : Roue semi ouverte. Figure (III.5) : Roue fermée.

IV. les caractéristiques hydrauliques d'une pompe :

IV.1. Le débit :

C'est le flux de liquide qui traverse une section donnée dans une certaine période de temps.

IV.2. La hauteur manométrique totale :

Celle-ci traduit la hauteur totale devant être vaincu par la pompe pour transmettre le liquide du point A ou point B y compris toutes les pertes de charges totales aussi, donc elle se compose de :

- Hauteur d'aspiration (H_a) : c'est la différence de niveau entre le plan d'aspiration et l'axe de la pompe.
- Hauteur de refoulement (H_r) : c'est la différence de niveau entre l'axe de la pompe et le point le plus élevé sur la ligne de refoulement.
- Perte de charge (J_t) : Chute d'énergie occasionnée par le frottement du liquide et les diverses singularités.

IV.3. La vitesse de rotation :

La vitesse de rotation (N) représente le nombre de tour effectuée par la pompe par unité de temps (en général en tr/min).

IV.4. Le rendement :

C'est le rapport entre la puissance utile P_u et la puissance absorbée par la pompe P_a , noté η .

IV.5. La puissance :

On distingue deux types de puissances :

- La puissance absorbée par la pompe : Elle est exprimée par la puissance mécanique absorbée au niveau de l'arbre de la pompe en (KW).
- La puissance utile : Elle traduit la puissance transmise effectivement au fluide par la pompe.

V. Les courbes caractéristiques d'une pompe :

Pour une vitesse de rotation et un débit donné, il existe trois courbes principales qui caractérisent une pompe (Dupont, 1979), on distingue :

V.1. La courbe débit-hauteur :

C'est une courbe de type parabolique qui exprime la variation de différentes hauteurs en fonction du débit (Figure (III.8)).

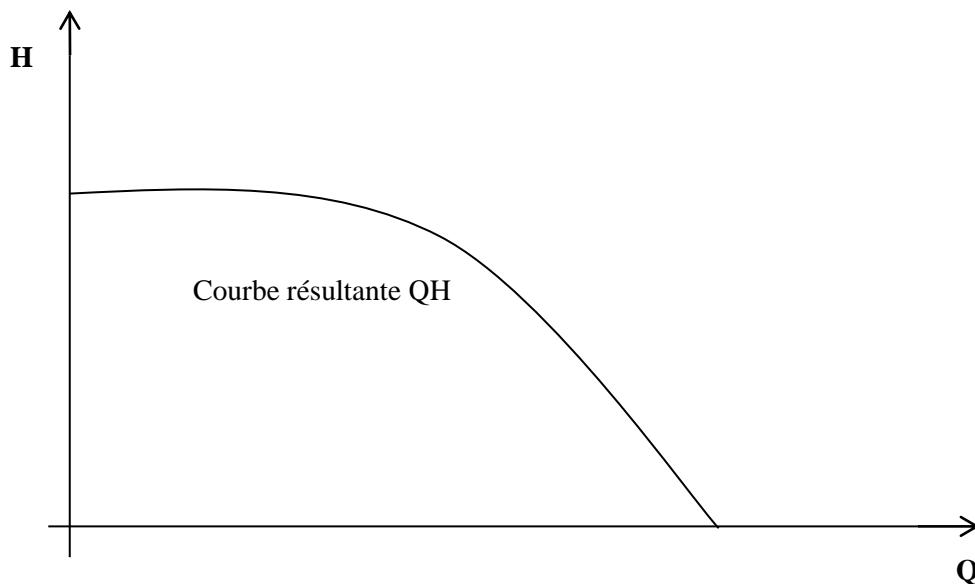


Figure (III.8) : La courbe caractéristique débit-hauteur.

V.2. La courbe du rendement :

Pour une certaine valeur du débit, cette courbe présente la valeur maximale (Figure (III.9)).

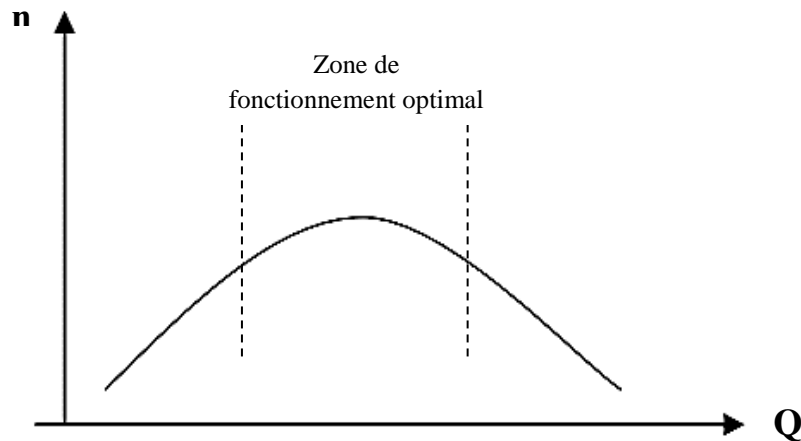


Figure (III.9) : La courbe caractéristique du rendement.

V.3. La courbe puissance-débit :

Une courbe de puissance est la courbe caractéristique représentant la puissance fournie par le moteur, en fonction de son régime, elle est donnée par le constructeur de la pompe (Figure (III.10)).

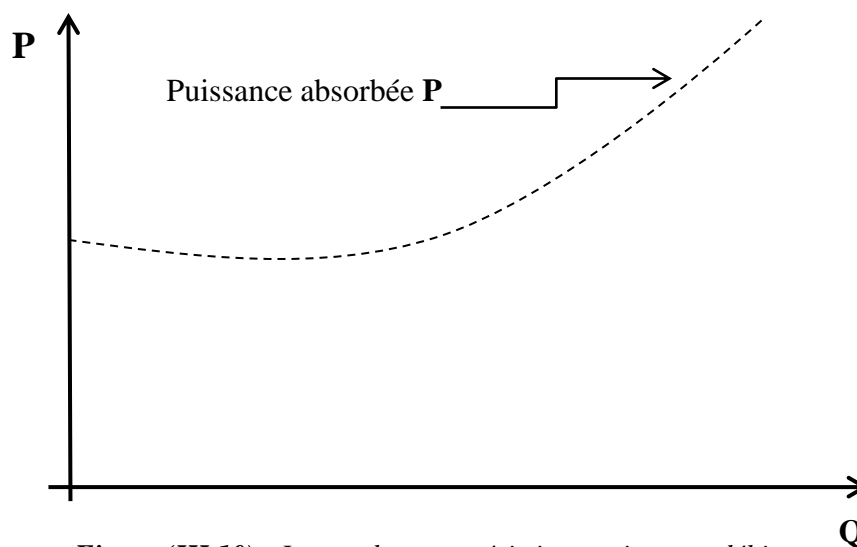


Figure (III.10) : La courbe caractéristique puissance-débit.

VI. Point de fonctionnement :

Le point de fonctionnement d'une pompe, est défini comme étant le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe donnée par le constructeur $H_p=f(Q)$, avec la courbe caractéristique de la conduite $H_c=f(Q)$ déterminée comme suite :

$$H_c = H_g + RQ^2 \quad (\text{III.1})$$

H_g : la hauteur géométrique (m).

R : Coefficient qui caractérise la résistance de la conduite ($s^2.m^{-5}$).

Le point d'intersection de ces deux courbes $P(Q, H)$, qui représente le point de fonctionnement de la pompe (Figure(III.11)).

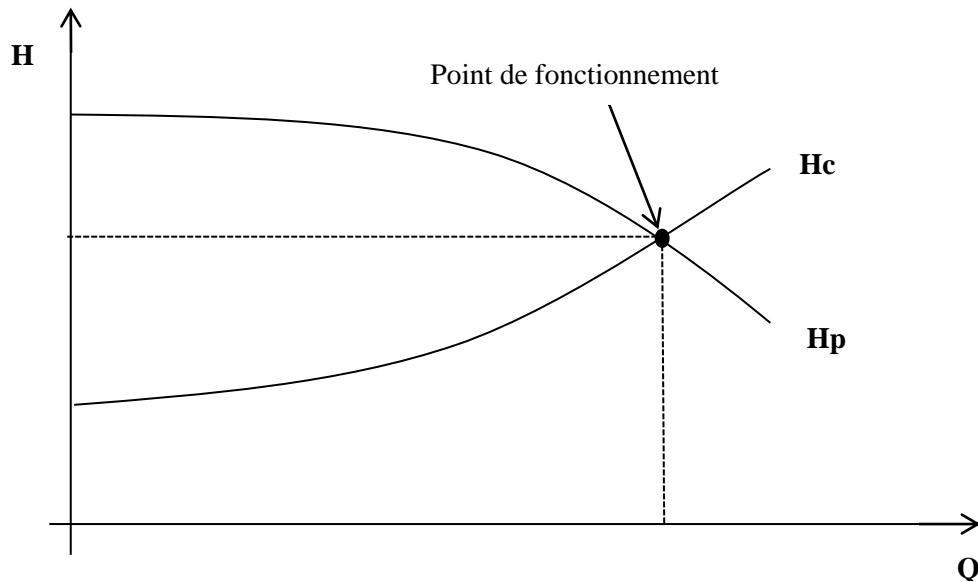


Figure (III.11) : Point de fonctionnement du système de refoulement.

VII. Couplage des pompes :

VII.1. Couplage en série :

Le couplage des pompes en série a pour but, l'augmentation de la hauteur manométrique totale, généralement le couplage en série s'effectue par un couplage des cellules dans une seule pompe. La caractéristique de l'ensemble s'obtient en ajoutant au débit donné la hauteur manométrique totale de chaque pompe ou cellule (Figure (III.12)).

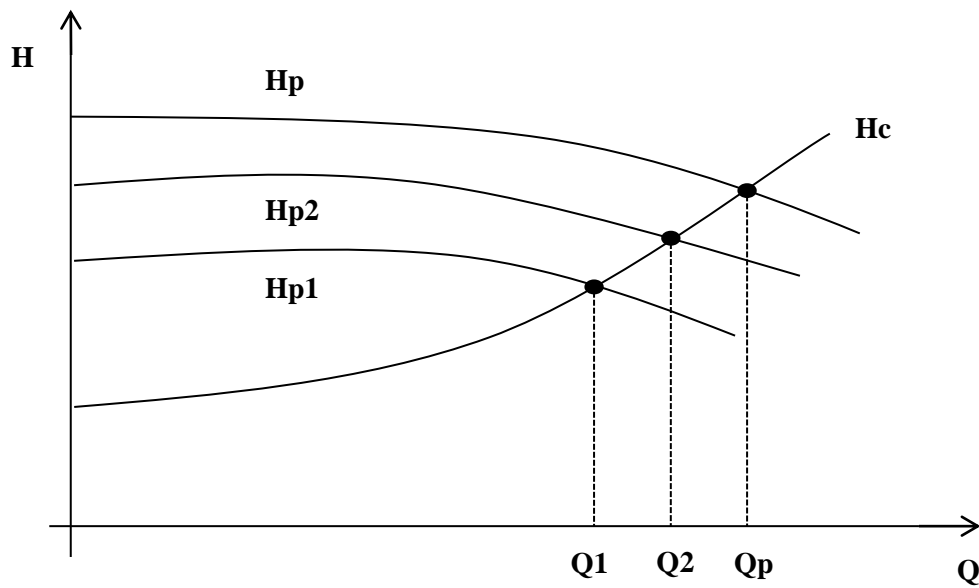


Figure (III.12) : Couplage des pompes en série.

VII.2. Couplage en parallèle :

Le couplage des pompes en parallèle a pour but l'augmentation du débit pour une hauteur manométrique disponible. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des pompes identiques ce qui améliore le rendement (Figure (III.13)).

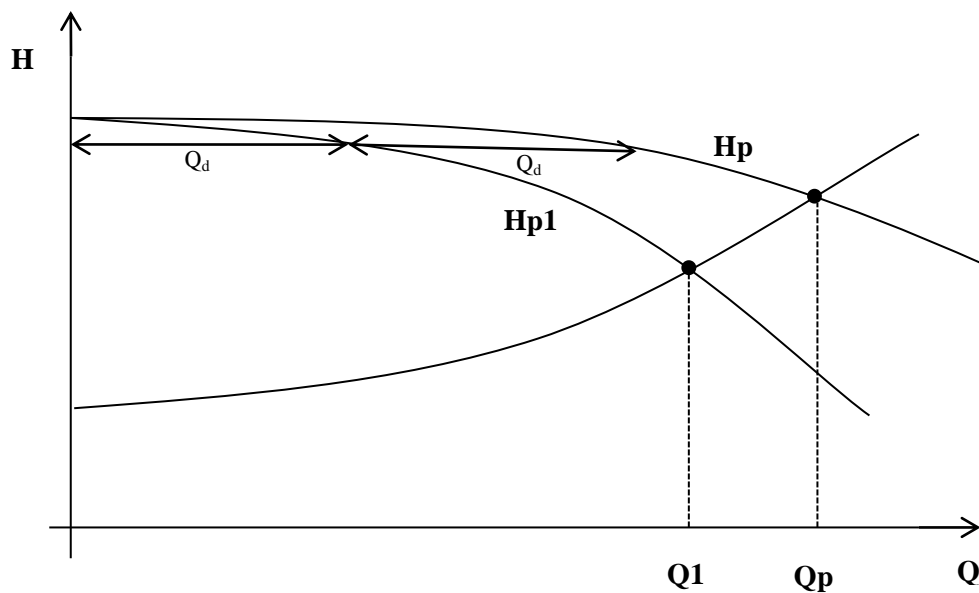


Figure (III.13) : Couplage des pompes en parallèle.

VIII. Réglage du point de fonctionnement :

Si le point de fonctionnement du système de refoulement ne coïncide pas avec le point désiré, des modifications seront apportées aux caractéristiques de la pompe ou de la conduite de refoulement, donc il faut le régler par divers techniques:

VIII.1. Variation de la vitesse de rotation :

C'est la première variante, elle s'effectue par la diminution de la vitesse de rotation. Le but est de réduire le débit et la puissance absorbée.

D'après l'équation de la courbe d'isorendement :

$$H = a \times Q^2 \quad (\text{III.2})$$

Et sachant que le diamètre est constant, d'après les lois de similitudes (Morel, 1994) :

$$\frac{H_I}{H_{II}} = \frac{N_I^2}{N_{II}^2} \quad (\text{III.3})$$

Et :

$$\frac{Q_I}{Q_{II}} = \frac{N_I}{N_{II}} \quad (\text{III.4})$$

Donc :

$$a = \frac{H_{II}}{Q_{II}^2} \quad (\text{III.5})$$

VIII.2. Réduire le temps de pompage :

Sachant que le volume d'eau dans le réservoir pour un certain temps de pompage de 20 h, on a :

$$V = Q_n \times T_n \quad (\text{III.6})$$

D'où :

$$Q_I T_I = Q_{II} T_{II} \quad (\text{III.7})$$

V : volume du réservoir constant en m³.

VIII.3. Réduire le diamètre de la roue :

Le rognage ou la réduction du diamètre de la roue s'effectue pour une vitesse de rotation constante.

D'après l'équation d'isorendement :

$$H = a \times Q \quad (\text{III.8})$$

Et d'après les lois de similitudes (Morel, 1994) :

$$\frac{H_I}{H_{II}} = \frac{D^2_I}{D^2_{II}} \quad (\text{III.9})$$

Et :

$$\frac{Q_I}{Q_{II}} = \frac{D^2_I}{D^2_{II}} \quad (\text{III.10})$$

Donc :

$$a = \frac{H_{II}}{Q_{II}} \quad (\text{III.11})$$

VIII.4. Le vannage :

Comme il a été montré dans le chapitre précédent (chapitre II), le but est d'augmenter les pertes de charges singulières à travers des robinets, tels que la somme des pertes de charges résultantes équilibre le nouveau débit jusqu'à ce qu'il atteigne le débit requis.

IX. Choix des pompes de la station Kissir :

Le système de pompage de ce projet est composé de deux axes principaux, à savoir l'axe de Jijel et l'axe d'EL-Aouana. Chaque axe se compose de deux groupes de pompage, ces groupes sont basés sur un choix qui converge aux conditions hydrauliques les plus adaptées pour chaque système de pompage.

A l'aide du constructeur Ksb, la sélection des pompes est faite manuellement, car le choix du type de pompe pour chaque groupe de pompage est basé sur le choix du type et de la taille de la pompe dont les caractéristiques hydrauliques de cette pompe se rapprochent le plus possible à l'intersection avec les caractéristiques de la conduite de refoulement qui correspondent aux conditions technico-économiques du système, (voir les annexes 05 ,06, 07 et 08).

IX.1. Axe de Jijel :

L'axe de Jijel se compose de deux groupes de pompage principaux, le groupe d'Ouled Bounnar et le groupe de Mezghitane.

IX.1.1. Groupe de pompage d'Ouled Bounnar :

• 1.1.1. Choix du type de la pompe :

Pour ce groupe de pompage, le choix des pompes se fait en se référant au catalogue suivant (Figure (III.14)).

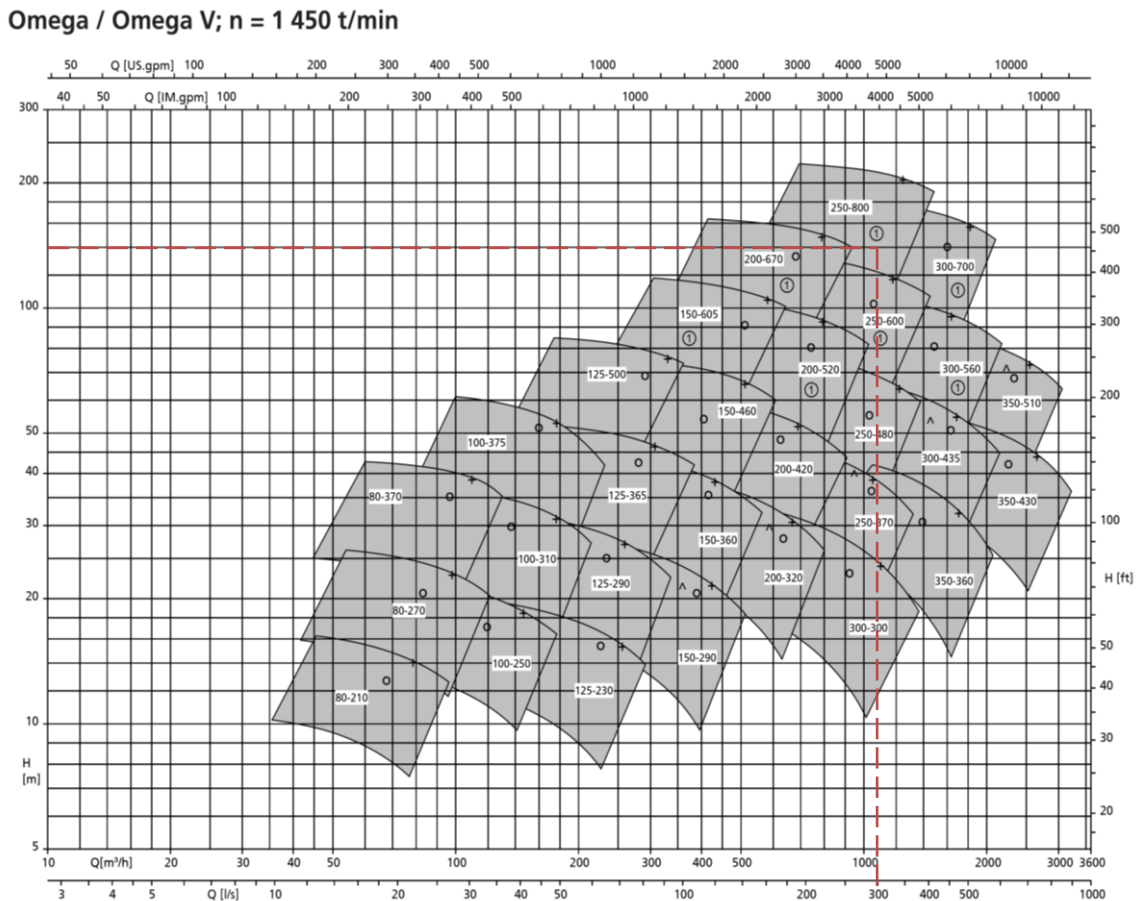


Figure (III.14) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe d'Ouled Bounnar.

Ce groupe de pompage se compose de trois pompes en parallèle du type Omega et de type 250-800 A, plus une pompe stand-by. Chaque pompe refoule un débit de 300 l/s pour une même hauteur manométrique de 140 m (Figure (III.15)).

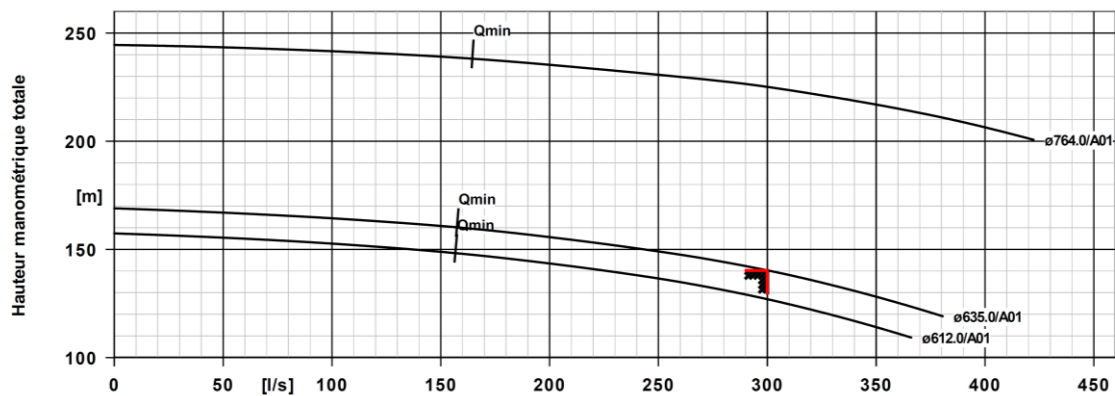
Omega 250-800 A GB G F

Figure (III.15) : La courbe débit-hauteur de la pompe Omega 250-800 A.

- **1.1.2. Point de fonctionnement :**

La figure suivante (Figure(III.16)) représente graphiquement le point de fonctionnement du système de refoulement d'Ouled Bounnar, tels que:

L'équation de la courbe caractéristique de la conduite est :

$$H_c = 130 + 12.69Q^2 \quad (\text{III.12})$$

L'équation de la courbe caractéristique de la pompe est :

$$H_p = 168.99 - 318.52Q^2 \quad (\text{III.13})$$

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques principales des pompes sélectionnées, et les caractéristiques techniques complètes de ces pompes sont données en annexe (05).

Tableau (III.1) : Les caractéristiques principales de la pompe Omega 250-800 A.

Type de la pompe	N ^{bre} des pompes	H _{mt}	Débit	Rendement	P _a
Omega 250-800 A Monocellulaire	03 pompes et 01 pompe stand-by	140 m	900 l/s	80,8%	510,26 kw

Le point de fonctionnement de ce système de refoulement ne nécessite pas de réglage.

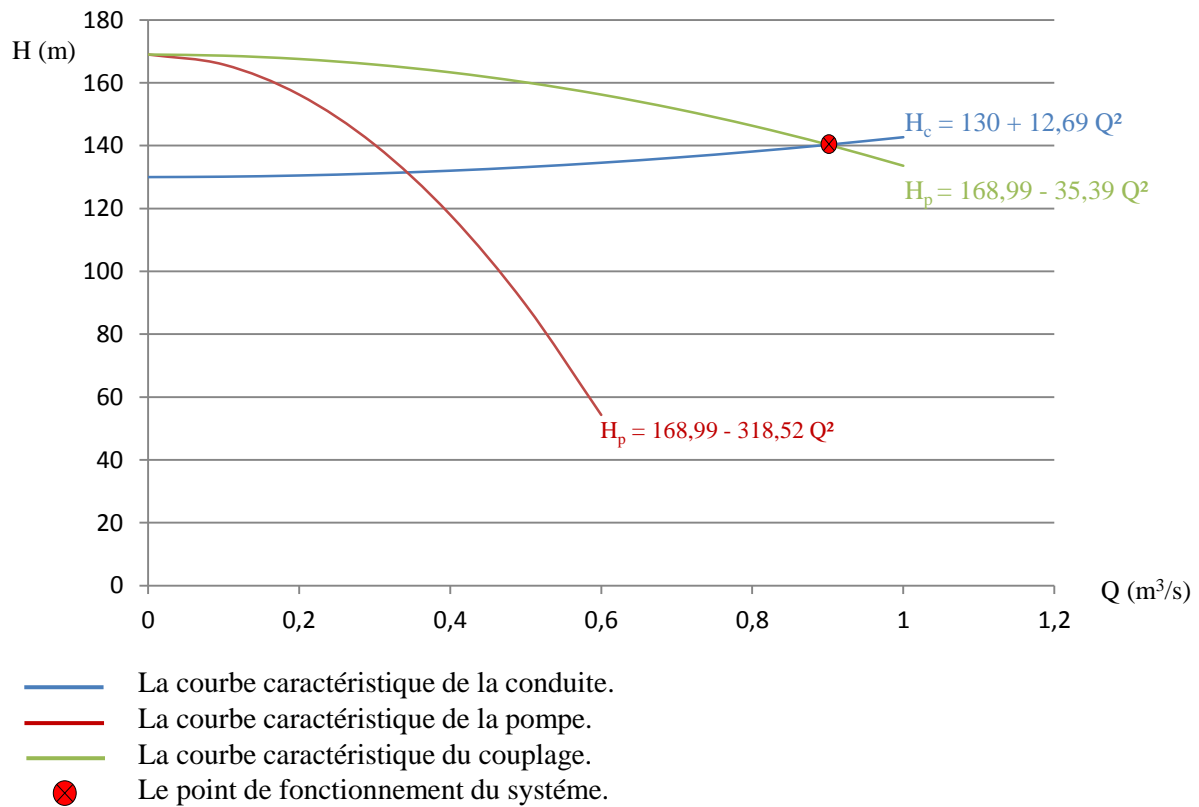


Figure (III.16) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne d'Ouled Bounnar.

IX.1.2. Groupe de pompage de Mezghitane :

• 1.2.1 Choix du type de la pompe :

Les pompes pour ce groupe de pompage sont sélectionnées en se référant au catalogue Ksb sur la page de la figure (III.17).

Ce groupe de pompage, ce compose de deux pompes multicellulaires de trois étages en parallèle du type Multitec 125-10.1 A, plus une pompe stand-by. Chaque pompe refoule un débit de 100 l/s pour une même hauteur manométrique de 239.9 m (Figure (III.18)).

Multitec/Multitec-RO, 50 Hz, n = 2900 rpm

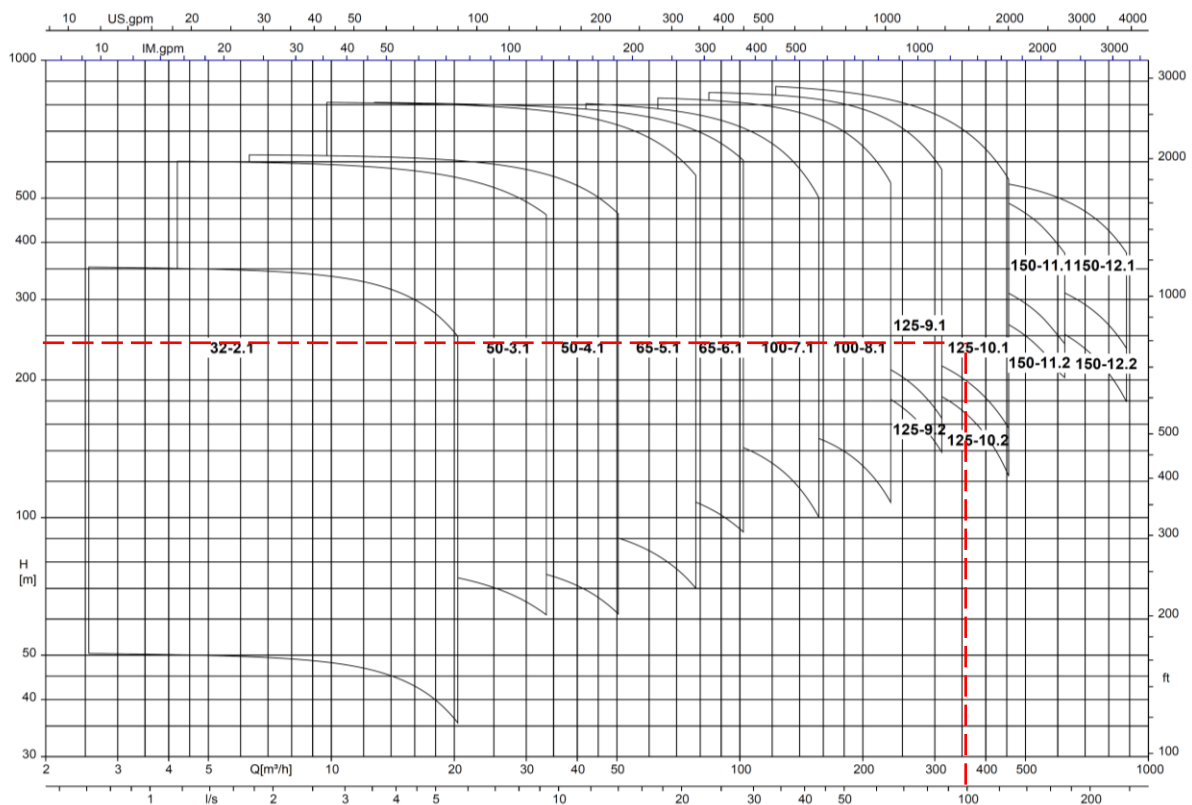


Figure (III.17) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe Mezghitane.

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

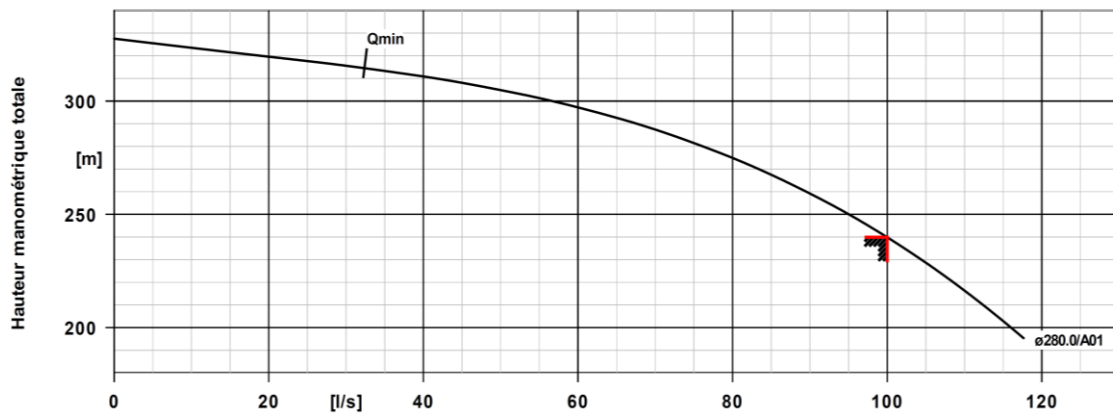


Figure (III.18) : La courbe débit-hauteur de la pompe Multitec 125/3-10.1 A.

• 1.2.2. Point de fonctionnement :

La figure suivante (Figure(III.19)) représente graphiquement le point de fonctionnement du système de refoulement de Mezghitane, tels que :

L'équation de la courbe caractéristique de la conduite :

$$H_c = 219 + 522.5Q^2 \quad (\text{III.14})$$

L'équation de la courbe caractéristique de la pompe :

$$H_p = 327.55 - 8763Q^2 \quad (\text{III.15})$$

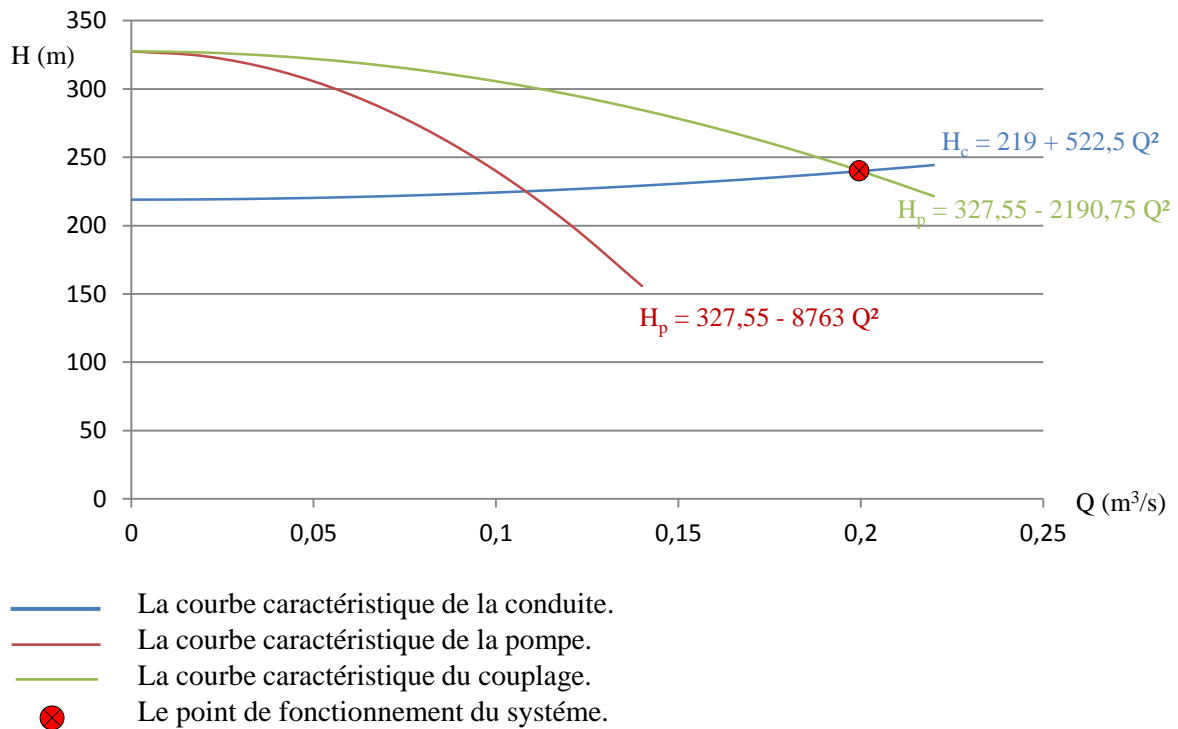


Figure (III.19) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne de Mezghitane.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques principales des pompes sélectionnées, et les caractéristiques techniques complètes de ces pompes sont données en annexe (06).

Tableau (III.2) : Les caractéristiques principales de la pompe Multitec 125/3-10.1 A.

Type de la pompe	N ^{bre} des pompes	H _{mt}	Débit	Rendement	P _a
Multitec 125-10.1 A Multicellulaires 03 étages	02 pompes et 01 pompe stand-by	239,9 m	200 l/s	78,8%	297,89 kw

Le point de fonctionnement de ce système de refoulement ne nécessite pas de réglage.

IX.2. Axe d'EL-Aouana :

L'axe d'EL-Aouana se compose de deux groupes de pompage principaux, le groupe de Timizert et le groupe d'EL-Aouana.

IX.2.1. Groupe de pompage d'EL-Aouana :

• 2.1.1 Choix du type de la pompe :

Pour ce groupe de pompage, le choix des pompes se fait en se référant au catalogue Ksb sur la plage de la figure (III.20).

Multitec/Multitec-RO, 50 Hz, $n = 1450$ rpm

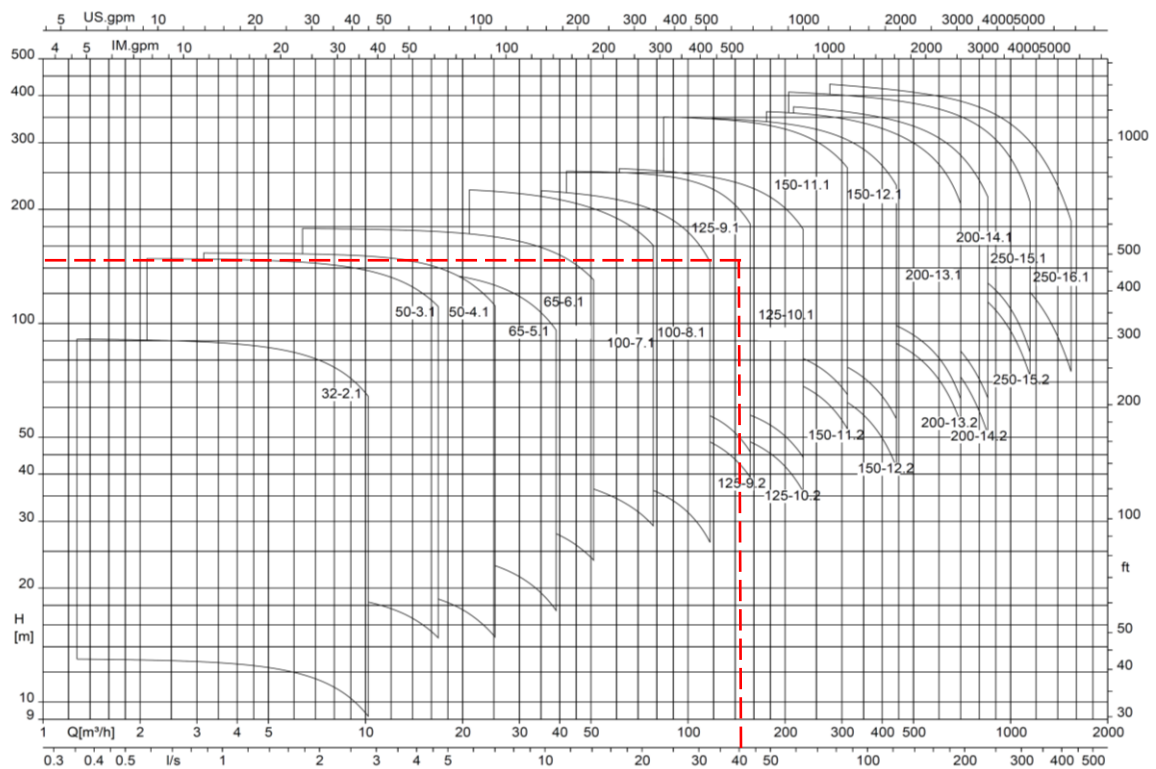


Figure (III.20) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe d'EL-Aouana.

Ce groupe de pompage se compose de deux pompes multicellulaires de six étages en parallèle du type Multitec 125-10.1 A, plus une pompe de secours. Chaque pompe refoule un débit de 40 l/s pour une même hauteur manométrique de 166.6 m (Figure (III.21)).

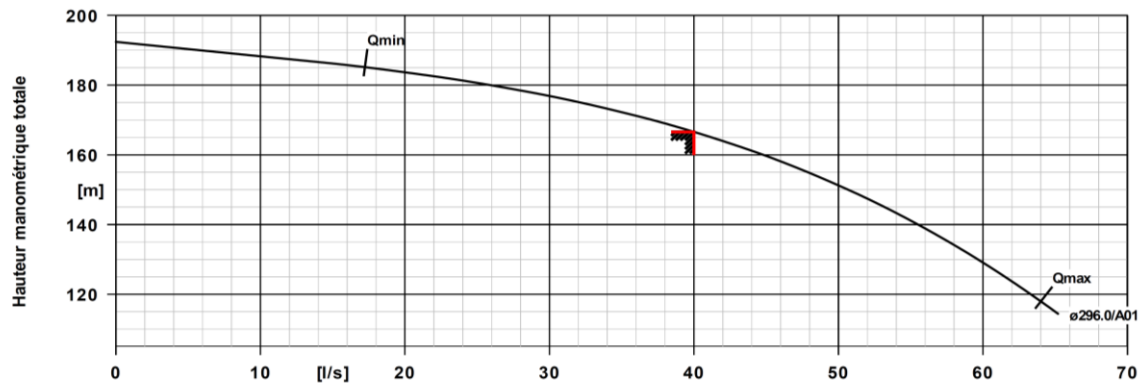
Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

Figure (III.21) : La courbe débit-hauteur de la pompe Multitec 125/6-10.1 A.

- **2.1.2. Point de fonctionnement :**

La figure suivante (Figure (III.22)) représente graphiquement le point de fonctionnement du système de refoulement d'El-Aouana, tels que :

L'équation de la courbe caractéristique de la conduite :

$$H_c = 140 + 4143.75Q^2 \quad (\text{III.16})$$

L'équation de la courbe caractéristique de la pompe :

$$H_p = 192.4 - 16125Q^2 \quad (\text{III.17})$$

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques principales des pompes sélectionnées, et les caractéristiques techniques complètes de ces pompes sont données en annexe (07).

Tableau (III.3) : Les caractéristiques principales de la pompe Multitec 125/6-10.1 A.

Type de la pompe	N ^{bre} des pompes	H _{mt}	Débit	Rendement	P _a
Multitec 125-10.1 A Multicellulaires 06 étages	02 pompes et 01 pompe stand-by	166,6 m	80 l/s	76,1%	85,74 kw

Le point de fonctionnement de ce système de refoulement ne nécessite pas de réglage.

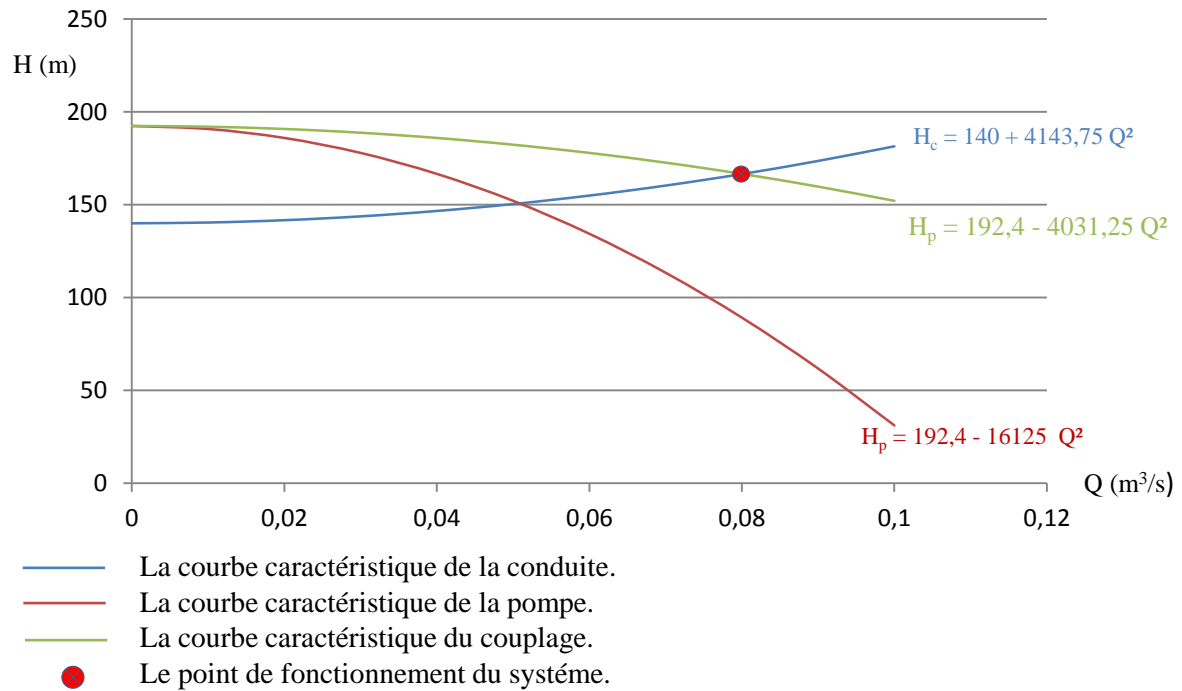


Figure (III.22) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne d'EL-Aouana.

IX.2.2. Groupe de pompage de Timizert :

• 2.2.1. Choix du type de la pompe :

Les pompes pour ce groupe de pompage sont sélectionnées en se référant au catalogue Ksb montré sur la figure (III.23).

Ce groupe de pompage se compose d'une pompe multicellulaire de cinq étages en parallèle du type Multitec 100-7.1 A, plus une pompe stand-by. Chaque pompe refoule un débit de 20 l/s pour une même hauteur manométrique de 88.78 m (Figure (III.24)).

Multitec/Multitec-RO, 50 Hz, n = 1450 rpm

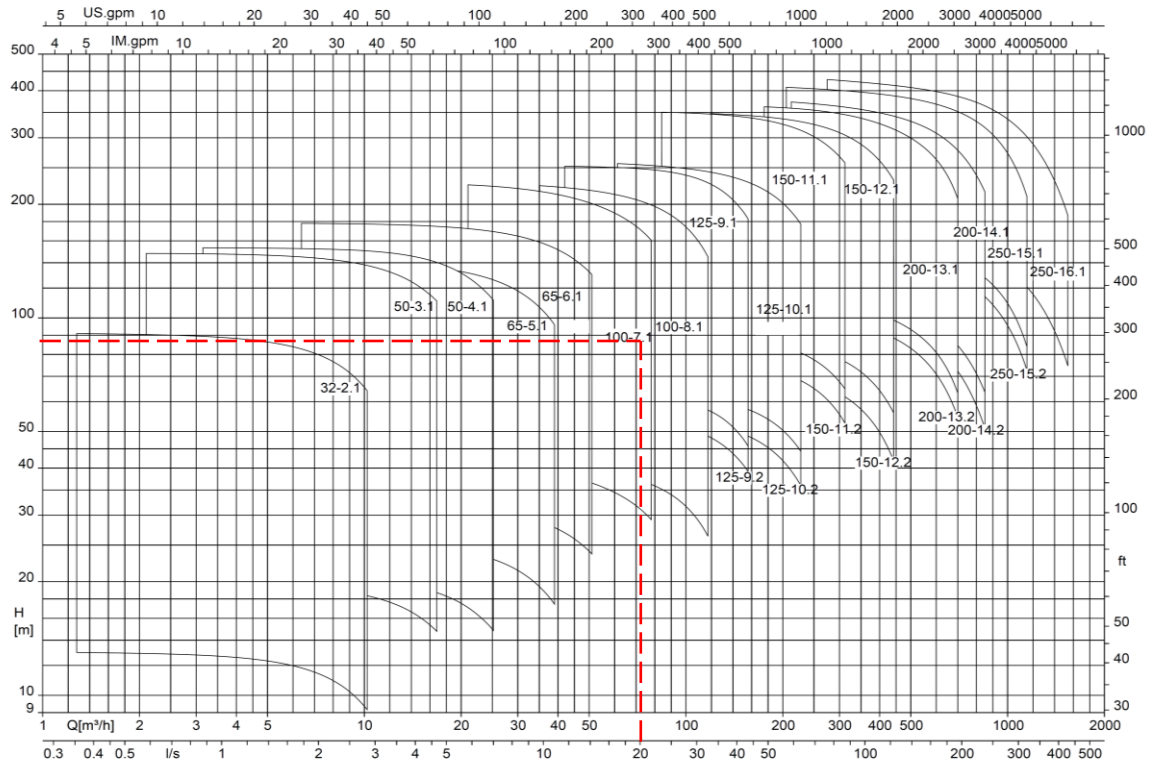


Figure (III.23) : Choix du type et de la taille des pompes du groupe de Timizert.

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

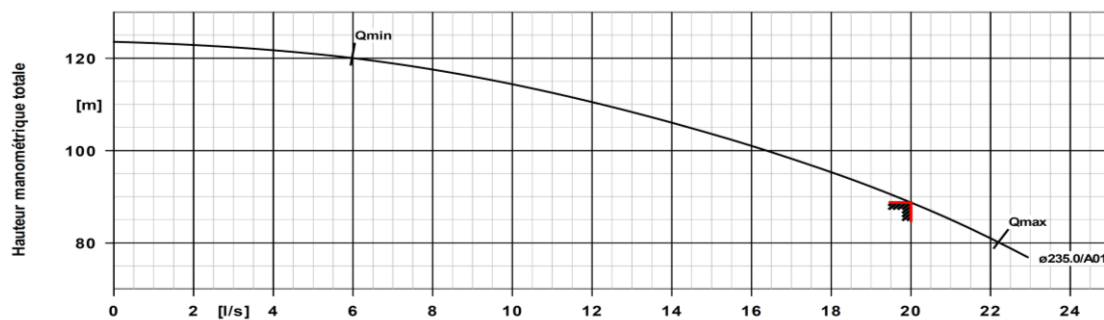


Figure (III.24) : La courbe débit-hauteur de la pompe Multitec 100/6-7.1 A.

• 2.2.2. Point de fonctionnement :

La figure suivante (Figure (III.25)) représente graphiquement le point de fonctionnement du système de refoulement Timizert, tels que:

L'équation de la courbe caractéristique de la conduite :

$$H = 78 + 26875Q^2 \tag{III.18}$$

L'équation de la courbe caractéristique de la pompe :

$$H_p = 123.56 - 86950Q^2 \quad (\text{III.19})$$

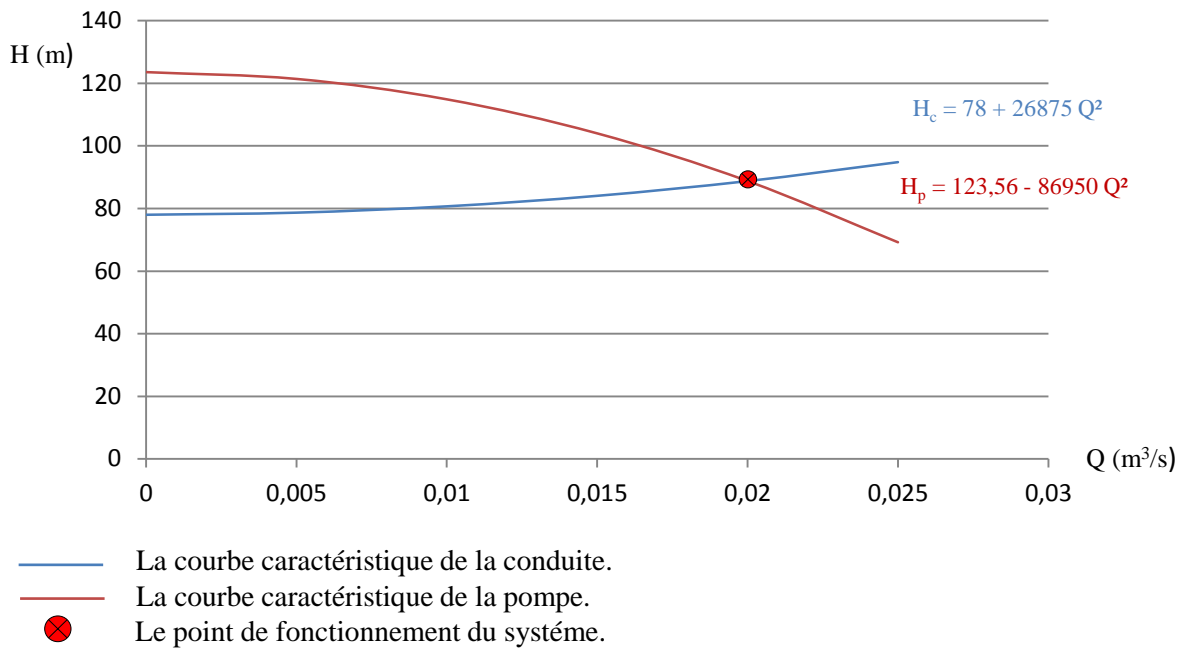


Figure (III.25) : Les caractéristiques du point de fonctionnement de la ligne de Timizert.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques principales des pompes sélectionnées, et les caractéristiques techniques complètes de ces pompes sont données en annexe (08).

Tableau (III.4) : Les caractéristiques principales de la pompe Multitec 100/6-7.1 A.

Type de la pompe	N ^{bre} des pompes	H _{mt}	Débit	Rendement	P _a
Multitec 100-7.1 A Multicellulaires 06 étages	01 pompe et 01 pompe stand-by	88,78 m	20 (l/s)	75,2%	23,11 kw

Le point de fonctionnement de ce système de refoulement ne demande aucune modification.

X. Conclusion :

L'objectif du chapitre est basé sur le choix et ses modalités de la pompe qui répond aux différentes conditions de refoulement et une étude minutieuse pour le choix des pompes idéales pour chaque groupe de pompage.

Chapitre IV

Régime transitoire

I. Introduction :

Après avoir fait une étude techno-économique sur les installations hydrauliques et le choix des pompes pour le troisième et le quatrième volet du projet de Kissir (w. Jijel), le présent chapitre aborde l'analyse théorique et physique du phénomène transitoire en tant que régime d'écoulement, ainsi que la protection des installations contre le phénomène du coup de bélier causé par le régime transitoire.

En utilisant les méthodes de calcul graphique et numérique, le dimensionnement exact des organes de protection des installations hydrauliques contre le phénomène transitoire est opéré.

II. type d'écoulement :

II.1. Régime transitoire :

Un régime transitoire c'est un phénomène oscillatoire qui apparaît entre deux régimes stationnaires, il est considéré comme un écoulement varié dans un certain intervalle de temps, où certaines caractéristiques hydrauliques varient tels que le débit, la vitesse de l'écoulement et la pression dans la canalisation. Il peut se produire soit dans le système de transport d'écoulement libre, soit dans un système en charge par une variation du débit (Amara et al.2016).

III. Phénomène du Coup de bélier :

III.1. Définition :

Le phénomène du coup de bélier c'est une onde de choc hydraulique, qui apparaît suite à des changements du régime d'écoulement d'un fluide à l'intérieur d'une conduite, souvent à la modification de l'un des paramètres hydrauliques.

Cette onde de choc hydraulique se propage brusquement dans la conduite en un court laps de temps, provoquant des variations de la pression qui peuvent engendrer des ruptures de canalisations, dégâts matériels et quelques fois des pertes de vie humaines (Amara et al.2016).

III.2. Causes fréquentes du coup de bélier :

En ingénierie d'hydraulique, les causes fréquentes occasionnant les ondes de choc hydraulique sont (Chaudhry, 1979) :

- L'ouverture et la fermeture des vannes dans les conduites de refoulement gravitaire et en charge ;
- La mise en marche ou l'arrêt des groupes électropompes dans les installations hydrauliques ;
- Vibration des accessoires de contrôle des canalisations ;
- La mise en marche ou la modification de l'opération d'une turbine.

III.3. Risque dus aux coups de bélier :

Le coup de bélier est un phénomène dévastateur et il peut poser de graves conséquences pour les exploitants des réseaux et des dommages collatéraux aux canalisations, ceci dû aux alternances de surpression et dépression dans de grandes proportions. Les risques et avaries causés par le coup de bélier sont de plusieurs ordres (Amara et al. 2016), tels que :

1. Cas de surpression :

Lors la fermeture rapide ou instantanée d'une vanne de sectionnement d'une conduite ou bien d'un autre organe de contrôle. Cela produira une pression d'une valeur importante, si elle dépasse la pression maximale admissible de la conduite, il y a risque de rupture de cette dernière et déboîtement des joints.

2. Cas de dépression :

Lors d'un arrêt brusque d'un groupe électropompe ou d'une ouverture instantanée d'une vanne de sectionnement. Cela produira l'apparition d'une pression manométrique négative, donc il y a un risque d'aplatissement de la conduite et aspiration des joints.

Aussi ce cas de dépression peut provoquer un phénomène de cavitation (libération d'air dissout plus vapeur d'eau), si en un point de la conduite la pression atteint le vide manométrique, et lorsqu'en phase de surpression la poche de vapeur se résorbe ceci engendre une pression atteignant jusqu'à quatre fois la pression de service.

3. Risque de fatigue :

En conséquence des variations brusques des valeurs des surpressions et dépressions, elles provoquent la fatigue pour le matériau de la canalisation.

III.4. Analyse physique du coup de bélier :

III.4.1. Cas de l'arrêt brusque des pompes :

En admettant qu'il y a un problème de dysfonctionnement d'un groupe électropompe et que le débit Q_0 se trouve brusquement arrêté, au temps zéro, et en supposant que le fluide est compressible et le matériau de la canalisation est élastique, quatre phases comme montre la (Figure (IV.1)), peuvent alors être envisagées (Dupont, 1979).

- 1^{ère} phase :

Quand la colonne liquide n'étant plus alimenté, et par la suite de son inertie, il va en résulter derrière elle une dépression ; l'eau se déprime et la conduite se contracte successivement par diminution élastique du diamètre. Une onde de dépression prend alors naissance au départ de la pompe et se propage jusqu'au réservoir avec une célérité « a ».

Le temps mis par cette onde pour atteindre le réservoir est alors ' L/a '. Au bout de ce temps, la conduite est en dépression sur toute sa longueur.

- 2^{ème} phase :

Par la suite de son élasticité, la conduite reprend son diamètre primitif et cela de proche en proche. L'eau revient alors dans la conduite et au bout d'un nouveau temps ' L/a ', c'est-à-dire ' $2L/a$ ', depuis l'origine de phénomène toute l'eau est redescendue, mais va se trouver arrêtée par le clapet de la pompe qui entre temps s'est fermé.

- 3^{ème} phase :

En raison de cet arrêt, la première tranche du fluide en contact avec le clapet va se trouver comprimée par les tranches suivantes, entraînent une dilatation de la conduite. Au bout d'un nouveau temps ' L/a ', c'est-à-dire ' $3L/a$ ', depuis l'origine, toute la conduite sera dilatée avec une eau surpressée immobile.

- 4^{ème} phase :

Grâce à l'élasticité de la conduite, elle reprend de proche en proche, son diamètre primitif à partir de réservoir et en allant vers la pompe. Les tranches d'eau successives reprenant leurs dimensions premières. Au bout d'un temps ' L/a ', c'est-à-dire ' $4L/a$ ', depuis l'origine du phénomène.

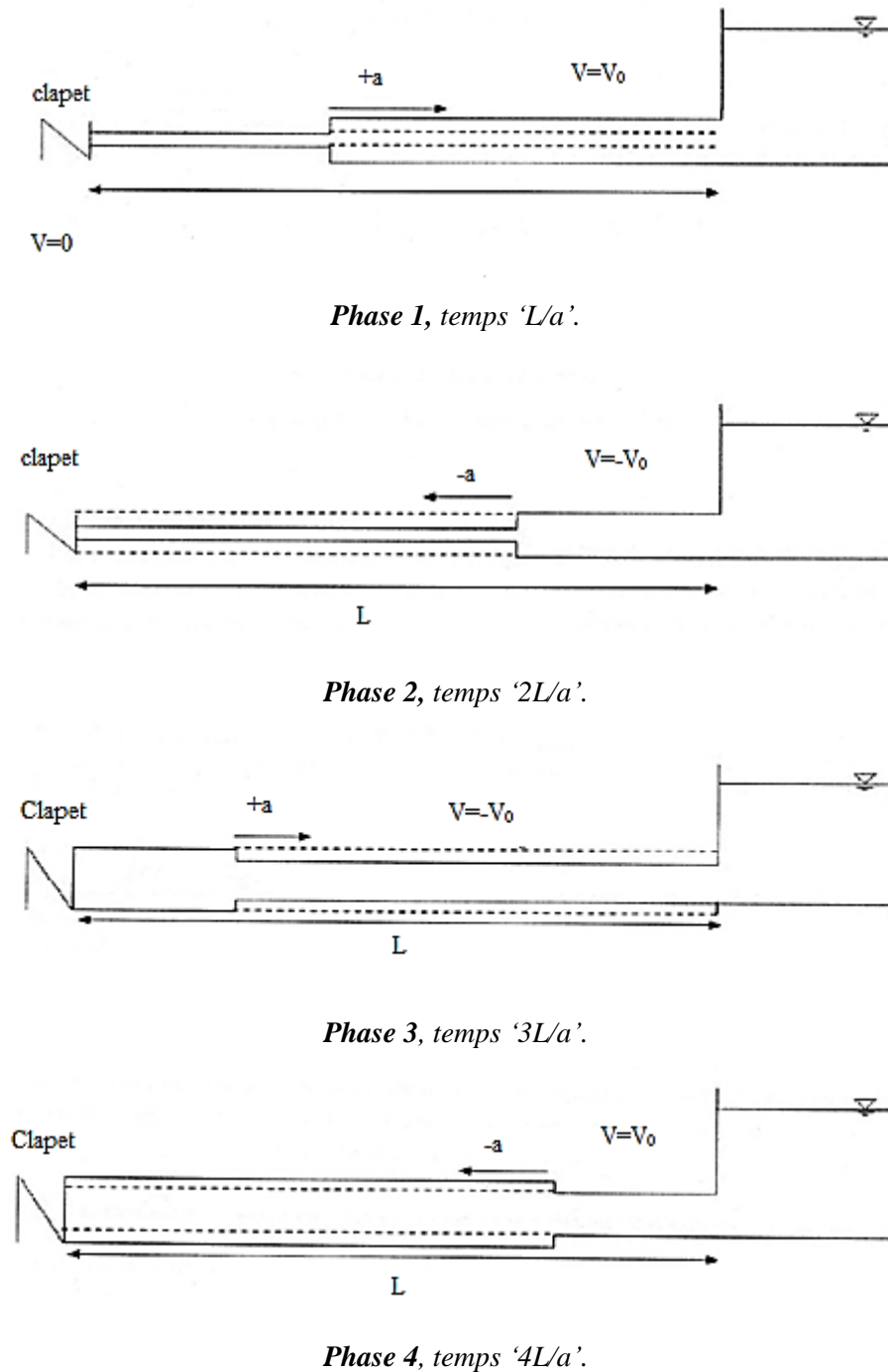


Figure (IV.1) : Cycle d'évolution du coup de bélier par les ondes de choc.

III.4.2. Cas de fermeture brusque d'une vanne placée en aval d'une conduite :

La manœuvre à l'aval du système, d'une vanne placée en aval d'une conduite, dans le cas où elle est brusquement fermée entraîne une surpression à son voisinage semblable à celle observée à l'étape trois du cas précédent, le phénomène suit alors les étapes quatre, un et deux.

III.5. Valeur numérique du coup de bélier :

Dans ce qui suit l'ordre de grandeur du coup de bélier sera donné comme un résultant d'une manœuvre d'un robinet vanne au bout d'une conduite (Amara et al. 2016).

III.5.1 Manœuvre rapide (Formule de Joukowsky) :

Comme un exemple, en un temps $T \neq 0$, la variation du débit est provoquée par l'arrêt d'une pompe et des ondes élémentaires sont engendrées, au fur et à mesure que s'opère l'arrêt. Dans le cas d'une manœuvre rapide, le temps d'annulation du débit est inférieur au temps correspondant à l'allée et retour d'une onde élastique, il a été montré que dans ce cas la surpression Δh vaut :

$$\Delta h = \pm \frac{a \times \Delta v}{g} \quad (\text{IV.1})$$

III.5.2. Cas de la fermeture lente d'une vanne de sectionnement :

Lors de la fermeture rapide de la vanne de sectionnement, la valeur maximale du coup de bélier était de :

$$\Delta h = \frac{a \times v}{g} \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

v : vitesse moyenne de l'écoulement (m/s).

a : célérité des ondes (m/s).

g : accélération de la pesanteur (m/s^2).

Soit un débit Q_0 en régime permanent véhiculé dans une conduite équipée d'une vanne, si la vanne a été manœuvrée pour modifier son ouverture, cela fait un changement du régime en régime transitoire à partir du moment où la vanne a été manœuvrée. Celle-ci provoque une modification de débit q avec naissance à la vanne d'une onde de pression.

La canalisation va subir des alternances de surpressions et de dépressions et l'écoulement redeviendra en régime permanent défini par la nouvelle ouverture de la vanne.

La valeur de la surpression et de la dépression due au coup de bélier est :

$$b = \frac{a}{gS} (Q_0 - q) \quad (\text{IV.3})$$

Où :

S : section de la conduite (m^2).

Si le temps de fermeture de la vanne est ' $T = n \cdot 2L/a$ ' et que pendant ce temps le débit varié linéairement, la formule de Michaud est trouvée :

$$b = \frac{2Lv}{gT} \quad (\text{IV.4})$$

Si la fermeture est supposée linéaire pendant une durée T :

- T inférieure ou égale à ' $2L/a$ ' aller et retour d'onde, le coup de bélier a pour valeur maximale :

$$b = \frac{av}{g} \quad (\text{IV.5})$$

- T supérieure ou égale à ' $2L/a$ ', le coup de bélier est moindre et a pour valeur maximale :

$$b = \frac{2Lv}{gT} \quad (\text{IV.6})$$

III.6. Répartition du coup de bélier le long de la conduite :

La répartition du coup de bélier le long de la conduite existe en deux cas (Dupont, 1979) :

En cas d'arrêt brusque (T inférieure ou égale à ' $2L/a$ '), le coup de bélier, maximum près de la pompe (cas de la conduite de refoulement), ou près du robinet de réglage d'extrémité (cas de la conduite d'adduction) conserve sa valeur maximale jusqu'à une distance égale à $(L - \frac{at}{2})$, puis décroît pour devenir nul à l'autre extrémité.

En cas d'arrêt lent (T supérieure ou égale à ' $2L/a$ '), le coup de bélier décroît linéairement depuis sa valeur maximale ' $2Lv/gT$ ' jusqu'à zéro, à l'autre extrémité, (Figure (IV.2)).

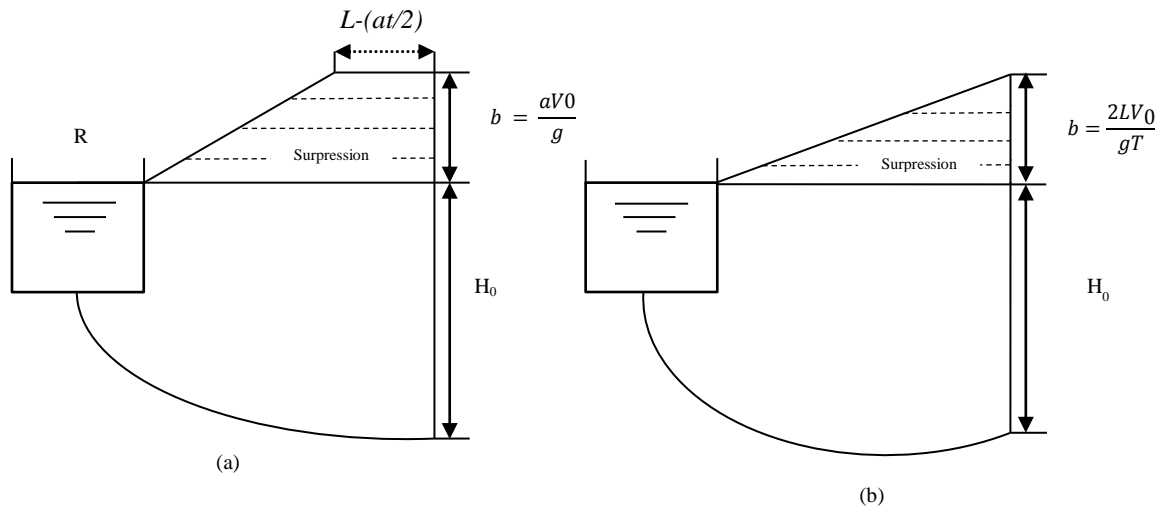


Figure (IV.2) : Répartition du coup de bélier : (a) fermeture rapide, (b) fermeture lente.

III.7. Théorie du coup de bélier :

Le présent titre aborde l’aspect théorique du problème du coup de bélier, cette théorie est issue des travaux d’ALLIEVI, qu’il est le premier, a su interpréter mathématiquement le phénomène du coup de bélier en appliquant les lois générales de l’hydraulique et l’élasticité des matériaux, ce qu’il lui a permis d’aboutir les équations générales des ondes planes (Figure (IV.3)), (Carlier, 1972).

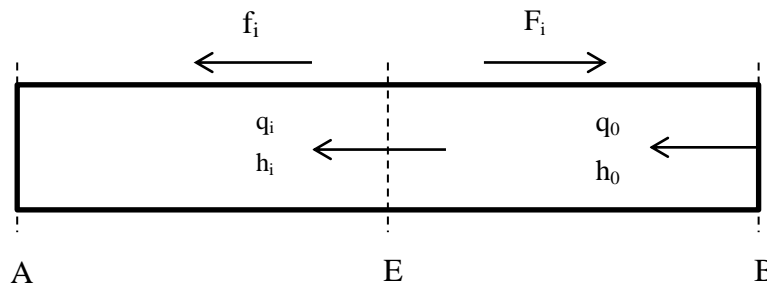


Figure (IV.3) : Variation du régime d’écoulement.

Les équations d’ALLIEVI en régime transitoire, s’écrivent donc :

$$\begin{cases} h - h_0 = F + f \\ \frac{a(v_0 - v)}{g} = F - f \end{cases} \quad (IV.7)$$

Avec :

F : une onde se dirigeant en sens contraire de l’écoulement.

f : une onde se dirigeant dans le sens de la vitesse d’écoulement.

h : la pression.

III.7.1. Célérité des ondes ‘a’ :

Généralement pour le calcul de la célérité des ondes ‘a’ dans la pratique, la formule pratique d’ALLIEVI est utilisée, elle s’écrit :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}} \quad (\text{IV.8})$$

Où :

a : célérité d’onde en m/s.

k : c’est un coefficient qui dépend du matériau de la conduite, (voir l’annexe (09)).

e : épaisseur de la conduite, (annexe (10)).

III.8. Méthodes d’analyse du coup de bélier :

La méthode de Bergeron et la méthode des caractéristiques sont les méthodes d’analyse les plus utilisées, tel que la première méthode permet l’analyse et la compréhension rapide du coup de bélier et la deuxième est une méthode orientée vers le calcul automatique c’est actuellement la méthode d’analyse la plus puissante et la plus flexible, (Amara et al. 2016).

III.8.1. Méthode graphique de Bergeron :

La méthode de Bergeron n’est facile d’usage que pour des cas simples ou lorsque l’outil informatique fait défaut, elle permet en revanche d’aboutir à une solution générale de problèmes très complexe pour l’outil algébrique, et permet d’un coup d’œil de saisir des phénomènes aussi compliqués que la propagation des ondes, (Figure (IV.4)).

Le principe de la méthode de Bergeron consiste à lancer un observateur au temps ‘ i ’ avec la célérité ‘ a ’ dans le sens contraire de l’écoulement pour lui l’onde ‘ F ’ conservera constant sa valeur ‘ F_i ’. De même pour un observateur partant de ‘ E ’ vers ‘ A ’ au temps ‘ i ’ à la célérité ‘ a ’, ce dernier verra l’onde ‘ f ’ garder sa valeur constante ‘ f_i ’ (Figure (IV.3)).

Soit $\Psi_A(\varepsilon+1)$ et $\Psi_B(1)$ les courbes caractéristiques de l’appareil hydraulique Ψ_A à l’instant $\varepsilon+1$ et Ψ_B à l’instant 1, supposons que l’observateur parti de B au temps limite ε ; le régime en B à son départ étant encore le régime initial défini par le point $O_M=O_B$. La droite caractéristique pour cet observateur sera la droite Φ passant par le point ε_B et le coefficient angulaire $+a/gS$. Car il sera déplacé en sens contraire de la vitesse d’écoulement. A son

arrivée en A au temps $(\varepsilon+1)$, le point figuratif du régime sera sur cette droite Φ et sur la courbe caractéristique $\Psi_A(\varepsilon+1)$ de l'appareil A à cet instant, il sera donc à leur point d'intersection $(\varepsilon+1)_A$. Le processus de construction graphique continu ainsi de proche en proche jusqu'à un temps considéré suffisant pour l'analyse du régime transitoire.

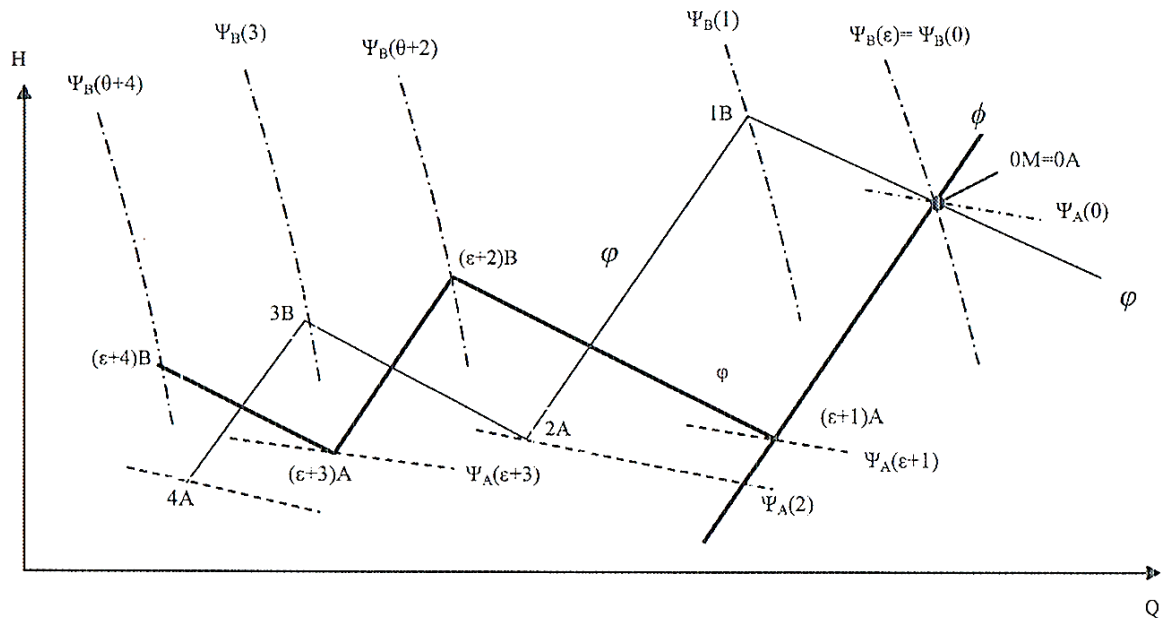


Figure (IV.4) : Epure de Bergeron pour un cas général.

III.8.2. Méthode des caractéristiques :

La méthode des caractéristiques consiste à transformer un système d'équations aux dérivées partielles en un autre système d'équations aux dérivées ordinaires. Dans le cas du calcul numérique du coup de bélier, l'équation de continuité et l'équation dynamique formant un système d'équations aux dérivées partielles de type hyperbolique. Ces dernières équations peuvent être alors résolues par la méthode des caractéristiques, (Figure (IV.5)).

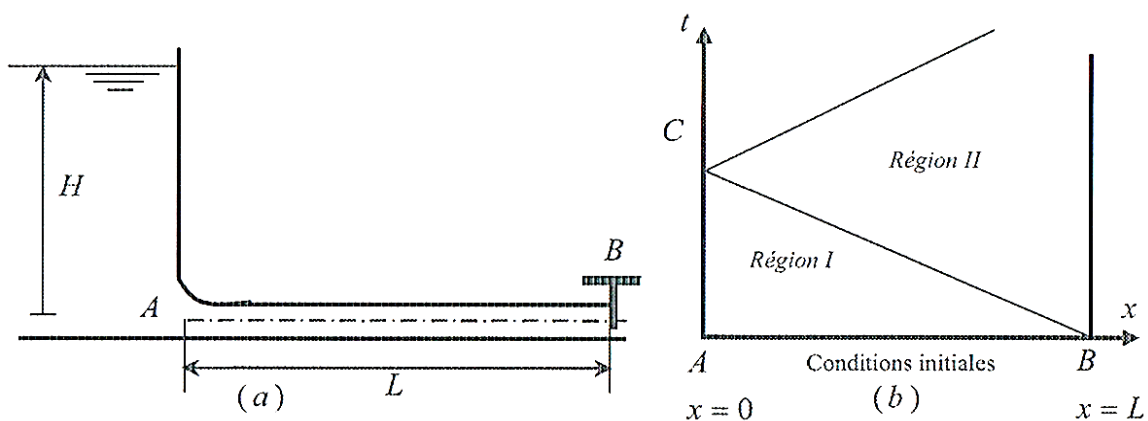


Figure (IV.5) : (a) Schéma d'une conduite forcée, (b) diagramme x,t .

IV. Organes de protection contre le coup de bélier :

Pour la protection contre le phénomène du coup de bélier, il existe des organes et des dispositifs pour lutter contre ce phénomène de manière qu'ils peuvent protéger les installations hydrauliques, contre les déformations et le risque de la rupture :

IV.1. Volant d'inertie :

Le Volant d'inertie (Figure (IV.6)), est placé sur l'arbre de la pompe. Avec l'énergie cinétique qu'il accumule pendant sa rotation, le volant la restitue au moment de la disjonction et permet ainsi de prolonger le temps d'arrêt de la pompe, pour assurer l'alimentation de la veine liquide.

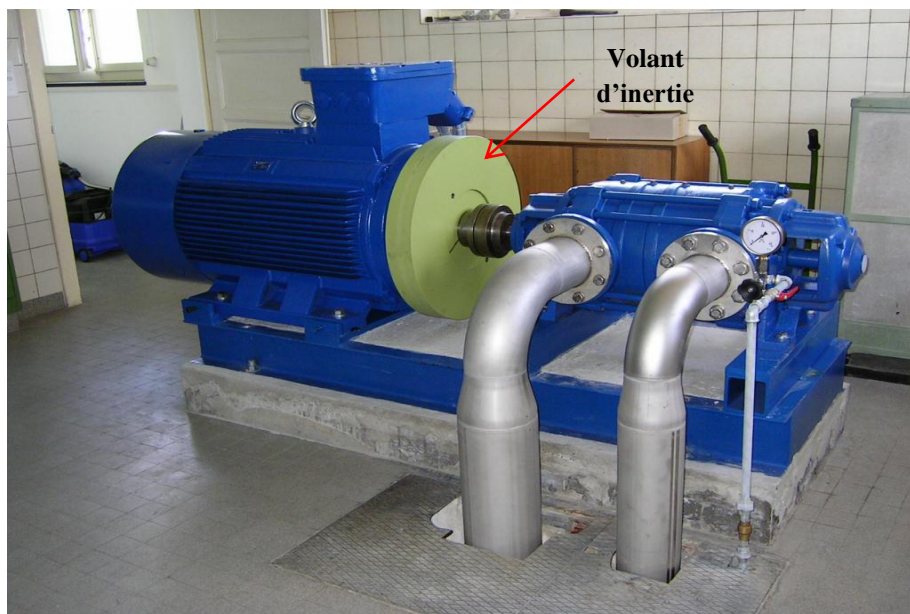


Figure (IV.6) : Installation d'un volant d'inertie.

IV.2. Cheminée d'équilibre :

Les cheminées d'équilibre (Figure (IV.7)), sont utilisées sur le tracé du refoulement qui comporte des points hauts où il peut survenir un phénomène de cavitation en régime transitoire. Elles ont le même rôle que les réservoirs d'air, mais on arrive à des dimensions d'ouvrages importants dans le cas des grandes et moyennes hauteurs de refoulement.

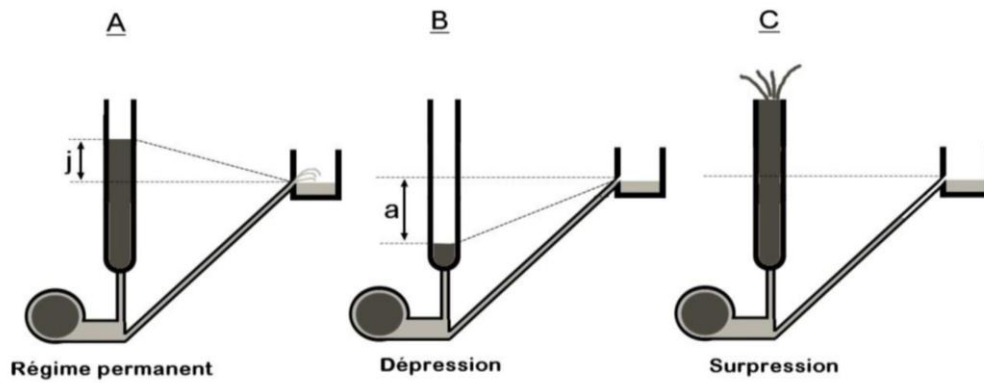


Figure (IV.7) : Schéma représentatif d'une installation de la cheminée d'équilibre.

IV.3. Soupape de décharge :

Ce dispositif (Figure (VI.8)), est généralement constitué d'une soupape maintenue par un ressort à boudin, cette soupape ne doit pas s'ouvrir que sur une pression déterminée.

En cas de surpression, elle s'ouvre très rapidement pour libérer le débit de retour dans la conduite, et elle permet ainsi de limiter la valeur de cette surpression. L'ouverture de la soupape doit pouvoir s'effectuer très rapidement pour que l'opération soit efficace et laisse passer un débit qui doit être évacué vers l'extérieur. L'utilisation des soupapes de décharge nécessite un entretien suivi et une surveillance attentive.

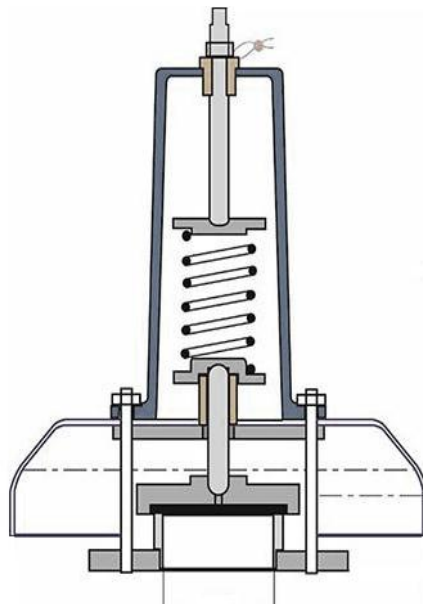


Figure (IV.8) : Schéma représentatif d'une soupape de décharge.

IV.4. Réservoir d'air :

C'est un organe de protection le plus utilisé contre le coup du bélier, contenant de l'air comprimé dans sa partie supérieure et de l'eau dans sa partie inférieure. Il fonctionne, selon le même principe qu'une cheminée d'équilibre, mais il est fermé et retient son volume d'air qui va se détendre et se comprimer au cours du phénomène (Figure (IV.9)).

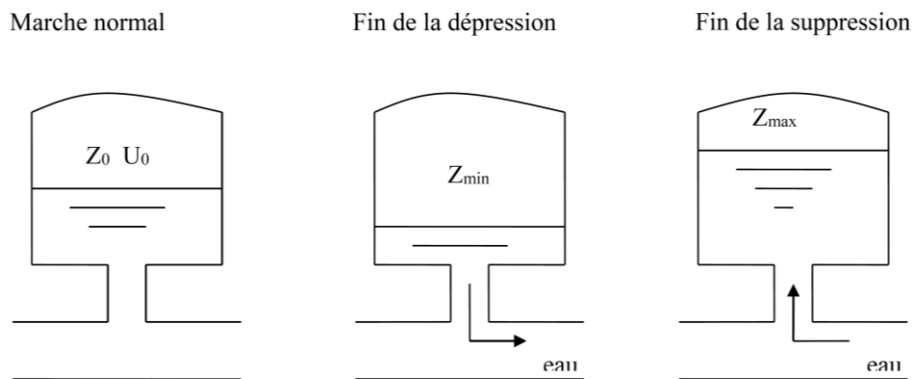


Figure (IV.9) : Variation du volume d'air au cours des phases de fonctionnement du réservoir.

IV.1. Principe du calcul d'un réservoir d'air :

Selon DUPONT en 1979, c'est par l'épure de BERGERON que seront déterminées les valeurs de la dépression et de la surpression maximales dans la canalisation, au préalable, les caractéristiques du réservoir d'air volume U_0 d'air en régime permanent.

Le premier essai conduira à des valeurs inadmissibles pour la dépression ou pour la surpression, ou pour les deux à la fois, les calculs dans ce cas seront alors recommencés à partir de nouvelles caractéristiques du réservoir d'air. La méthode nécessitera donc quelques tâtonnements, mais ils resteront très limités et la précision sera bonne.

Le principe en est le suivant, une fois fixée a priori les dimensions du réservoir d'air :

1. Il sera fait application du diagramme de BERGERON où une gradation des abscisses en fonction des vitesses d'eau dans la conduite sera également effectuée.

2. Les régimes seront considérés à des rythmes entiers où $\Delta t = \frac{2L}{a}$ prend $\frac{L}{a}$ comme unité de temps, et au temps zéro la disjonction se produit et le régime transitoire commence.

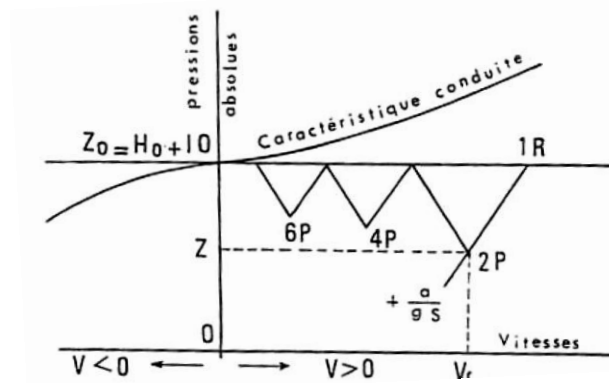


Figure (IV.10) : Principe de la construction de l'épure.

Au temps 1, au réservoir, le régime est encore le régime initial et le point de départ 1 R de l'observateur à la pompe est donné par l'intersection de la vitesse V_0 de l'eau en régime normal dans la canalisation et du passage horizontal par la valeur H_0 de la hauteur géométrique de refoulement, en considérons que la pression absolue $Z_0 = H_0 + 10$ l'observateur remontant le courant verra les points du régime se déplacer sur la droite $+\frac{a}{gS}$, et au temps 2 le point 2 P sera obtenu à l'intersection de cette droite et de l'horizontale passant par la valeur de la pression régnant dans la canalisation. Donc cette pression sera celle de l'air du réservoir d'air au moment considéré, compte tenu des pertes de charge provoqué par une vanne ou un clapet percé. Pour que ce point convienne, il faut qu'il corresponde à la vitesse finale V_f .

Ensuite, chaque droite $-\frac{a}{gS}$ se réfléchit sur l'horizontale passant par la valeur de Z_0 , cette horizontale correspond au niveau immuable d'arrivée de l'eau dans le réservoir d'eau.

3. Il sera tenu compte des pertes de charge provoquées par une vanne ou un clapet percé, lesquelles, auront des valeurs différentes selon que l'eau monte vers le réservoir d'eau ou descend vers le réservoir d'air, ainsi que les pertes de charge dans la conduite et elles sont représentées sur l'épure de BERGERON par la courbe caractéristique de la conduite.

V. Calcul du régime transitoire de la station de pompage Kissir :

Pour la protection des équipements de la station de pompage et les canalisations contre le phénomène de coup de bélier, on a recours au calcul et la simulation du phénomène pour chaque circuit de refoulement afin d'effectuer un dimensionnement exact des organes de protection, tels que les réservoirs d'air et l'installation des soupapes de décharge et les

soupapes d'admission d'air. La sélection des réservoirs anti bélier est faite sur le catalogue du constructeur Charlatte (Annexe (14)).

Pour se protéger contre le phénomène transitoire, il est nécessaire de faire un calcul du coup de bélier en long de la conduite. Pour tous les cas d'étude nous choisissons des réservoirs anti bélier verticales ou horizontales à vessie d'un volume de 20 % supérieure au volume U_{\max} pour des causes de sécurité, tel que le volume des réservoirs, égale a :

$$U_r = 1.2U_{\max} \quad (\text{IV.9})$$

D'où :

U_r : volume total du réservoir.

U_{\max} : volume maximal d'air en régime transitoire.

V.1. Calcul du phénomène transitoire pour le circuit de Timizert :

Le tableau (IV.1) suivant résume tous les résultats après la simulation pour la ligne de Timizert. On opte pour un réservoir anti bélier d'un volume de 0.2 m^3 . Les détails constructifs sont reportés en annexe (11).

Pour assurer l'amortissement des oscillations de la pression à l'intérieur de la conduite (Figure (IV.11)), les pertes de charges sont déterminées par un coefficient K, ce qui nous amène à un calcul de vannage (voir chapitre II), ou l'installation d'un clapet percé à l'entrée du réservoir pour chaque ligne de refoulement.

La traduction graphique de la simulation est donnée par l'épure de BERGERON (Figure (IV.12)), qui montre d'une façon claire la dissipation progressive de l'onde tout en protégeant la conduite par le réservoir d'air.

L'enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire est donnée sur la (Figure (IV.13)). Pour que le système soit protégé, la pression maximale de fonctionnement (PMF) en régime transitoire doit être inférieure à la pression maximale admissible (PMA) de la conduite pour cela, il est indiqué de prendre une pression nominale de 40 bar pour la conduite de refoulement.

Tableau (IV.1) : Développement des résultats de calcul du coup de béliet pour la ligne de Timizert.

Données de l'Adduction		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diametre	0.2 m	Vitesse	0.63694268 m/s	Volume U ₀	0.1 m ³
Débit	0.02 m ³ /s	Section	0.0314 m ²	K PDC entr	40 Vf ²
H géomet	78 m	Célérité a	1190.67009 m/s	K PDC sort	0 Vf ²
Long. Cond.	2380 m	B	77.307706	Exposant	1.2
coef. K	0.5	Hmax	155.307706 m	Pression de l'air	
Epaisseur e	0.0048 m	Hmin	0.69229404 m	pres. air Z	
C Haz Will	91.3396829	periode θ	3.99774885 s	6.23070604 /U ^λ	
Résultats des variations du volume d'air		Ho	88 m	Résultats des pressions	
Umax	0.16920359 m ³	PDC δ	10.7500359 m	Surpression	
Umin	0.08545863 m ³	a/g	121.373098 s	Dépression	
				32.5177757 m	
				33.5731713 m	

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z -> Δh -> δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	0.1	98.7500359	0	98.7500359	10.7500359	88	0.63694268	0	0	
3.99774885	0.06141608	0.16141608	55.5905663	0	55.5905663	3.39018311	52.2003832	0.34198755	0.4892569	0.34157112	0.00041643
7.9954977	0.00778751	0.16920359	52.5346415	1.89218725	54.4268287	1.46952605	55.8963548	-0.21747136	0.06203736	-0.21749639	2.5032E-05
11.9932465	-0.04309398	0.12610961	74.7548645	8.80219071	83.5570552	6.10097966	89.6580349	-0.46831451	-0.34329817	-0.46909995	0.00078544
15.9909954	-0.04065097	0.08545863	119.242242	1.27553329	120.517776	1.01995057	121.537726	-0.17833459	-0.3238365	-0.17857304	0.00023845
19.9887442	0.00552367	0.09098231	110.60861	0	110.60861	2.14213169	108.466478	0.26660918	0.04400305	0.26657915	3.0028E-05
23.9864931	0.0356284	0.12661071	74.3999653	0	74.3999653	2.68356708	71.7163982	0.30107214	0.28382536	0.30107157	5.7003E-07
27.9842419	0.01698333	0.14359404	63.96959	0.0371712	64.0067612	0.03861178	64.045373	-0.03045296	0.13529374	-0.0304841	3.1137E-05
31.9819908	-0.0194815	0.12411254	76.2006108	3.13388346	79.3344943	2.34466733	81.6791616	-0.27989427	-0.1551948	-0.2799055	1.1222E-05
35.9797396	-0.02870891	0.09540363	104.486306	1.26025296	105.746559	1.00863115	106.755191	-0.17744693	-0.22870285	-0.17750021	5.3284E-05
39.9774885	-0.00257308	0.09283055	107.971256	0	107.971256	0.62016649	107.35109	0.13651293	-0.02049785	0.13650451	8.423E-06
43.9752373	0.0233888	0.11621935	82.4523659	0	82.4523659	1.71127791	80.741088	0.23614108	0.18632144	0.23613837	2.7138E-06
47.9729862	0.01666783	0.13288718	70.2033052	0	70.2033052	0.0361582	70.167147	0.02940858	0.13278036	0.02942236	-1.3782E-05
51.970735	-0.00990182	0.12298536	77.0394483	1.40150572	78.4409541	1.11289803	79.5538521	-0.18710564	-0.07888054	-0.18718345	7.781E-05
55.9684839	-0.02194642	0.10103894	97.5328113	1.05597276	98.5887841	0.85627041	99.4450545	-0.16239747	-0.17483106	-0.16247867	8.12E-05

Variation de la pression absolue en fonction du temps

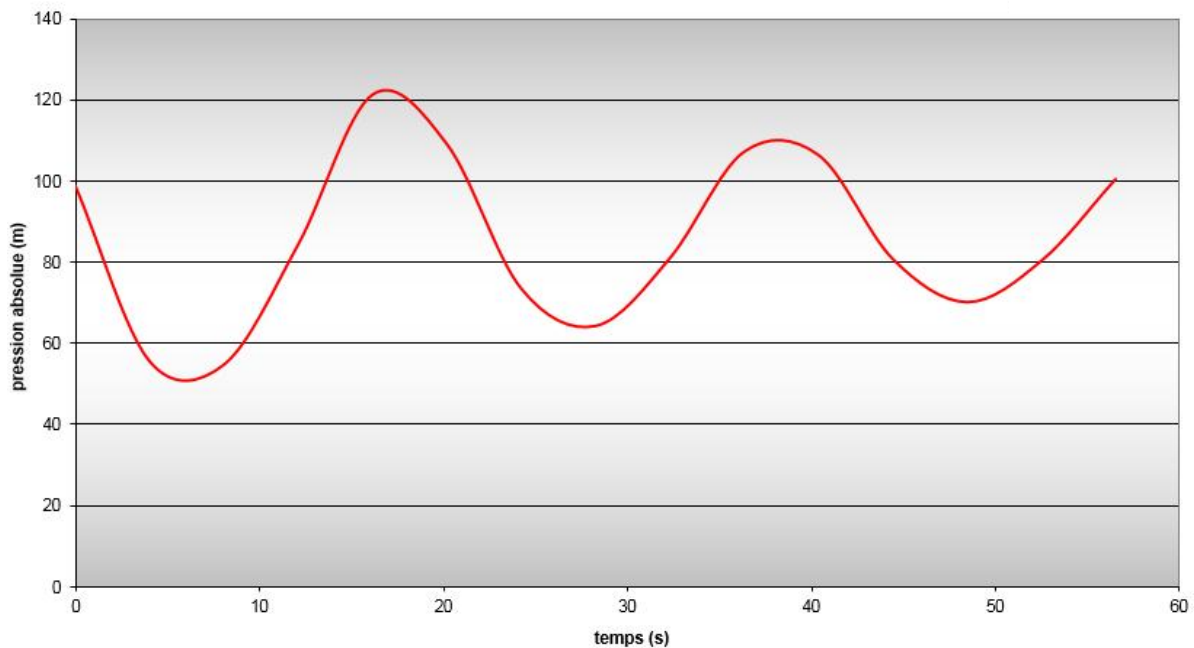


Figure (IV.11) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne de Timizert.

Tableau (IV.2) : Caractéristique du réservoir anti bélier de Timizert.

Code	Volume (L)	A (mm)	D (mm)	Poids sans sortie (Kg)
HC-200-16/24-v	200	1101	630	122

EPURE DE BERGERON

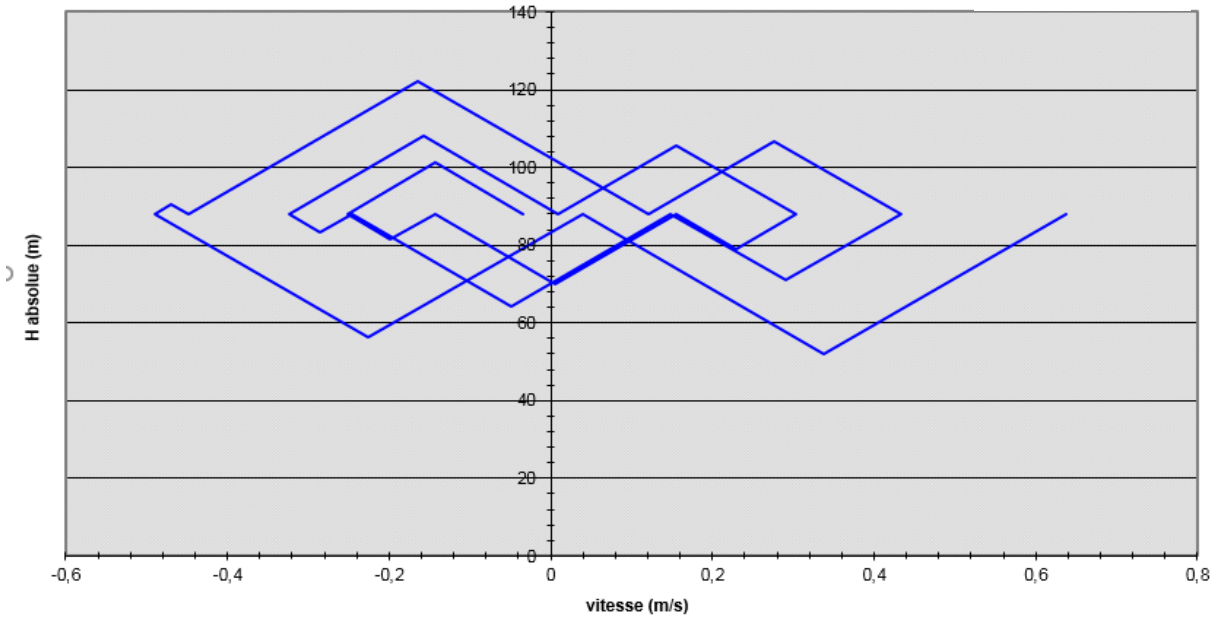


Figure (IV.12) : Epure de BERGERON pour le circuit de Timizert.

Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire

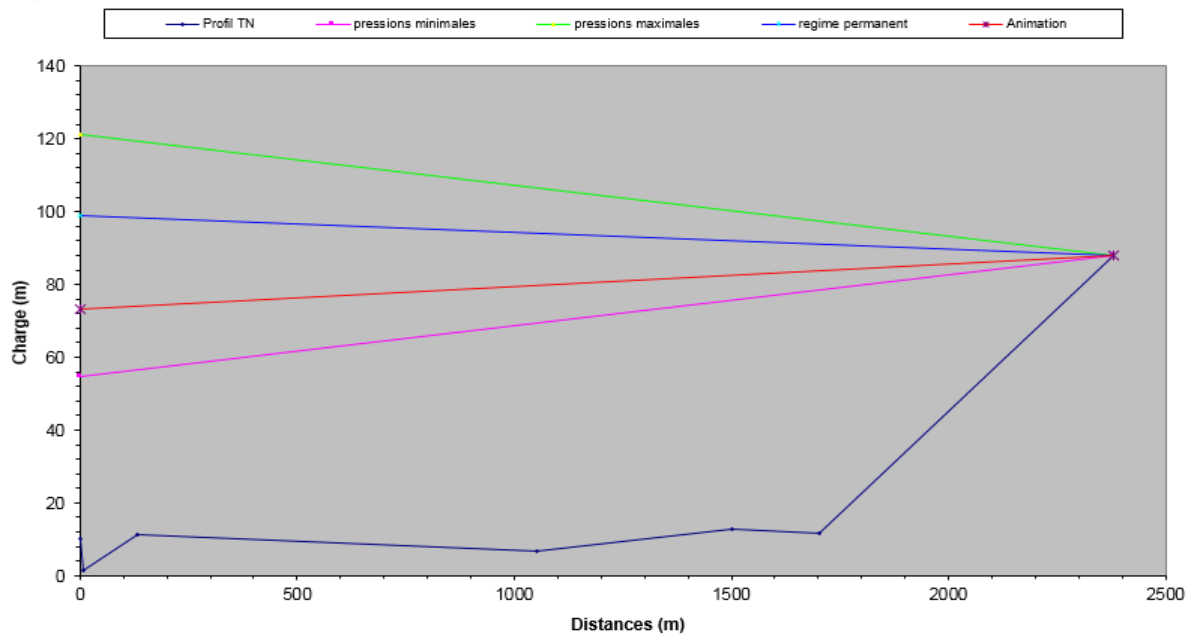


Figure (IV.13) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation de Timizert.

V.2. Calcul du régime transitoire pour le circuit d'Ouled Bounnar :

Les résultats du calcul et de la simulation du coup de bélier de la ligne d'Ouled Bounnar sont présentés dans le tableau (IV.2), et après ces résultats, nous arrivons aux conclusions suivantes :

On opte pour un choix de deux réservoirs anti bélier d'un volume de 40 m³ chacun à installation horizontale. Les détails constructifs sont reportés en annexe (12).

Afin d'assurer l'amortissement total des ondes de choc (Figure (IV.14)) provoqués par le coup de bélier on a opté pour une pression nominale de 25 bar pour la conduite de refoulement d'Ouled Bounnar.

Tableau (IV.3) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne d'Ouled Bounnar.

Données de l'Adduction		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diametre	1 m	Vitesse	1,1464968 m/s	Volume U•	55 m3
Débit	0,9 m3/s	Section	0,785 m ²	K PDC entr	34 Vf ²
H géomet	130 m	Célérité a	985,19133 m/s	K PDC sort	0 Vf ²
Long. Cond.	5657 m	B	115,13952 m	Exposant	1,2
coef. K	0,59	Hmax	245,13952 m	Pression de l'air	
Epaisseur e	0,0112 m	Hmin	14,860476 m	pres. air Z	18421,968 /U ^A
C Haz Will	97,585163	periode θ	11,484064 s	Résultats des pressions	
Résultats des variations du volume d'air		HO	140 m	Supression	13,849001 m
Umax	71,366244 m3	PDC δ	10,279865 m	Dépression	29,016241 m
Umin	53,93464 m3	a/g	100,42725 s		

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z-+ Δh -+ δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	55	150,27986	0	150,27986	10,279865	140	1,1464968	0	0	
11,484064	9,3315033	64,331503	124,51669	0	124,51669	6,8898825	117,62681	0,9237168	1,0351097	0,9237225	-5,772E-06
22,968127	5,9946201	70,326123	111,89122	0	111,89122	1,5045811	110,38664	0,406063	0,6649614	0,4062002	-0,0001373
34,452191	1,0401202	71,366244	109,93719	1,0465727	110,98376	0,3178234	111,30158	-0,1745741	0,1153767	-0,1754467	0,0008727
45,936255	-3,3229536	68,04329	116,4109	10,72951	127,14041	2,7428141	129,88323	-0,5610746	-0,3686031	-0,5617596	0,0006849
57,420318	-5,3119807	62,731309	128,33786	12,931588	141,26945	3,2603859	144,52984	-0,6167063	-0,5892387	-0,6167178	1,145E-05
68,904382	-4,8783272	57,852982	141,43117	7,3691259	148,80029	1,9368973	150,73719	-0,4646856	-0,5411351	-0,4655524	0,0008668
80,388446	-3,1118162	54,741166	151,13295	1,7183827	152,85134	0,5030376	153,35437	-0,2247949	-0,3451824	-0,2248125	1,765E-05
91,872509	-0,8065258	53,93464	153,849	0	153,849	0,0265095	153,82249	0,0458176	-0,089465	0,0458826	-6,498E-05
103,35657	1,4133258	55,347966	149,14683	0	149,14683	0,6949224	148,45191	0,267614	0,1567751	0,2676676	-5,363E-05
114,84064	2,7710793	58,119045	140,65457	0	140,65457	1,1245009	139,53007	0,3470942	0,3073857	0,3471039	-9,701E-06
126,3247	2,7644219	60,883467	133,02607	0	133,02607	0,6878376	132,33824	0,2661232	0,3066473	0,2661906	-6,743E-05
137,80876	1,5617814	62,445249	129,04368	0	129,04368	0,0747326	128,96895	0,0799903	0,1732427	0,0802948	-0,0003045
149,29283	-0,2115029	62,233746	129,57013	0,5502641	130,12039	0,1752461	130,29564	-0,1264816	-0,0234612	-0,1272173	0,0007356
160,77689	-1,7211131	60,512633	134,00493	2,204202	136,20913	0,6334761	136,84261	-0,254552	-0,1909168	-0,2546163	6,432E-05

L'épure de BERGERON (figure (IV.15)) représente graphiquement les résultats obtenus de tableau (IV.2) pour le circuit d'Ouled Bounnar, cette epure montre la variation des ondes élastiques avec protection des conduites par deux réservoirs d'air.

Variation de la pression absolue en fonction du temps

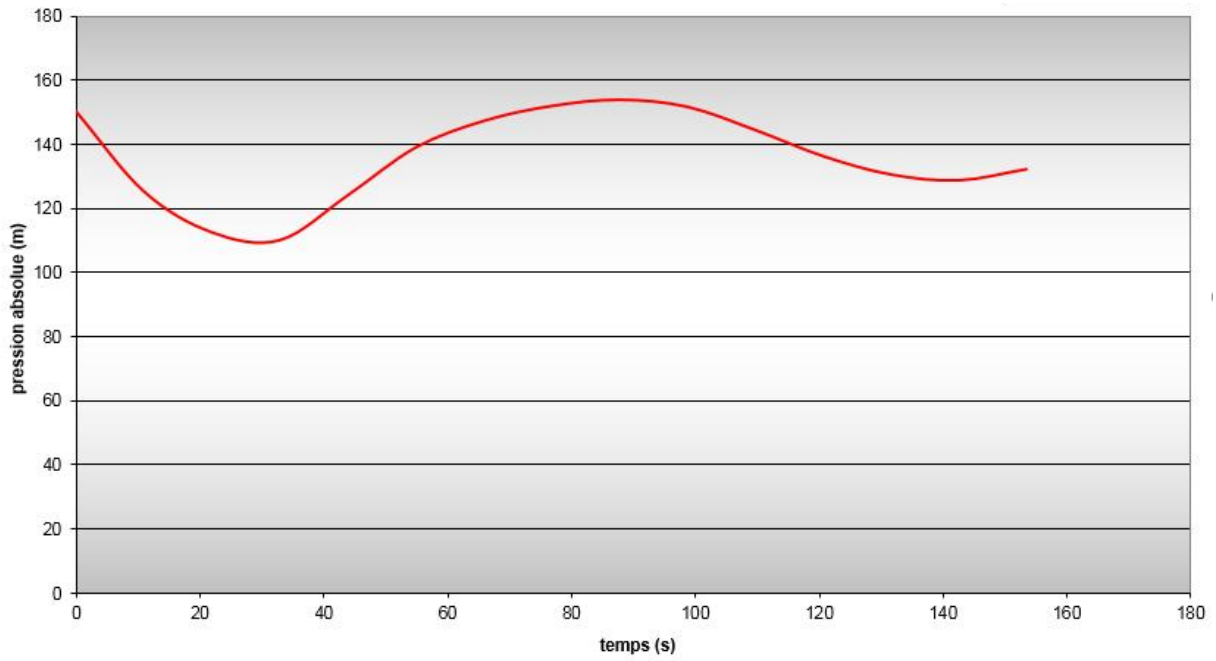


Figure (IV.14) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne d'Ouled Bounnar.

EPURE DE BERGERON

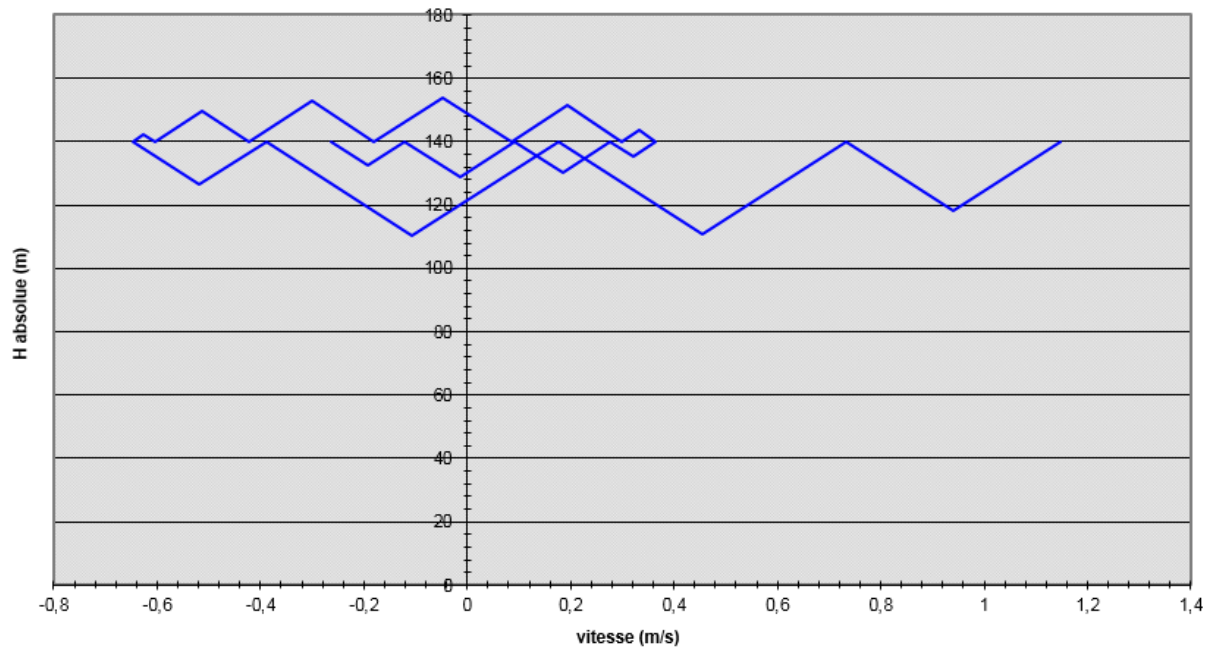


Figure (IV.15) : Epure de BERGERON pour le circuit d'Ouled Bounnar.

Pour éviter le phénomène de cavitation dans la conduite au point haut, la différence entre la pression minimale provoquée par les oscillations des ondes en point le plus haut et la pression au sol du même point, doit être au minimum 1 bar. Et pour augmenter le pourcentage de sécurité du circuit, on préconise à l'installation d'une soupape d'admission d'air dans le point haut de la conduite, (voir la (Figure (IV.16))).

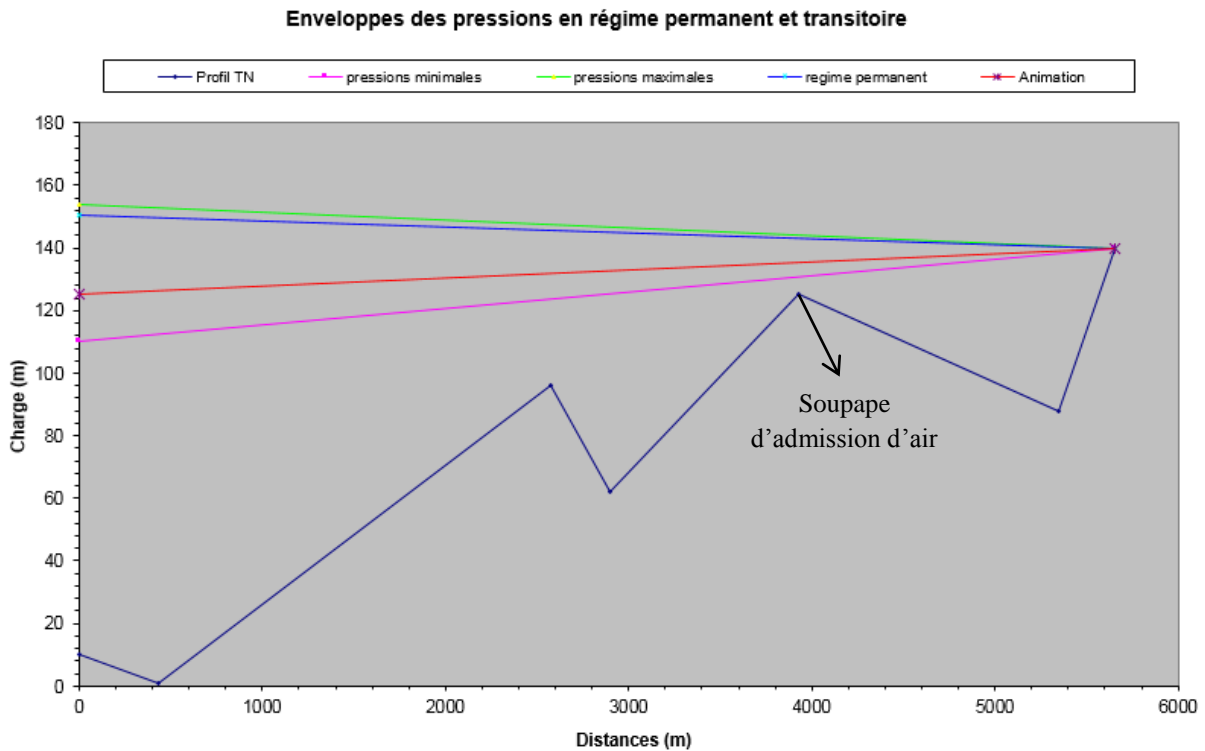


Figure (IV.16) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation d'Ouled Bounnar.

Tableau (IV.4) : Caractéristique du réservoir anti bélier d'Ouled Bounnar.

Capacité (l)	D (mm)	L (mm)	H (mm)	Potence
40000	3000	6430	3800	Oui

V.3. Calcul du régime transitoire pour le circuit de Mezghitane :

Le tableau (IV.3) suivant résume toutes les données nécessaires et les résultats obtenus à partir du calcul numérique de la simulation du coup de bélier pour la ligne de Mezghitane, de sorte qu'à travers ces résultats, nous sommes parvenus aux conclusions suivantes :

On opte pour un réservoir anti bélier d'un volume de 6 m³ à installation verticale. Les détails constructifs sont reportés en annexe (13), et une pression nominale de 30 bar pour la conduite de refoulement.

Tableau (IV.5) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne de Mezghitane.

Données de l'Adduction Diametre <input type="text" value="0.5"/> m Débit <input type="text" value="0.2"/> m ³ /s H géomet <input type="text" value="219"/> m Long. Cond. <input type="text" value="6020"/> m coef. K <input type="text" value="0.59"/> Epaisseur e <input type="text" value="0.0072"/> m C Haz Will <input type="text" value="94.612512"/>		Résultats Vitesse <input type="text" value="1.0191083"/> m/s Section <input type="text" value="0.19625"/> m ² Célérité a <input type="text" value="1047.7967"/> m/s B <input type="text" value="108.84998"/> m Hmax <input type="text" value="327.84998"/> m Hmin <input type="text" value="110.15002"/> m periode θ <input type="text" value="11.490779"/> s Ho <input type="text" value="229"/> m PDC δ <input type="text" value="20.899998"/> m a/g <input type="text" value="106.80904"/> s		Données du Réservoir d'air Volume U ₀ <input type="text" value="3.5"/> m ³ K PDC entr <input type="text" value="50"/> Vf ² K PDC sort <input type="text" value="0"/> Vf ² Exposant <input type="text" value="1.2"/>	
Résultats des variations du volume d'air Umax <input type="text" value="5.0490496"/> m ³ Umin <input type="text" value="3.2275315"/> m ³		Pression de l'air pres. air Z <input type="text" value="1123.6936"/> /U ^A		Résultats des pressions Surpression <input type="text" value="46.424977"/> m Dépression <input type="text" value="68.010949"/> m	

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z -> Δh -> δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	3,5	249,9	0	249,9	20,899998	229	1,0191083	0	0	
11,490779	1,5490496	5,0490496	160,98905	0	160,98905	2,9603105	158,02874	0,3546396	0,68692	0,3547318	-9,219E-05
22,981558	-0,2766427	4,7724069	172,25147	18,005045	190,25652	7,8373817	198,0939	-0,5991875	-0,1226761	-0,6000841	0,0008966
34,472336	-1,261898	3,510509	249,00256	13,472382	262,47494	5,9915817	268,46652	-0,5190405	-0,5595838	-0,5190835	4,294E-05
45,963115	-0,2829775	3,2275315	275,42498	0	275,42498	1,7626525	273,66232	0,2686161	-0,1254853	0,2681129	0,0005031
57,453894	0,822535	4,0500665	209,74582	0	209,74582	4,8169397	204,92888	0,4614013	0,36475	0,461387	1,433E-05
68,944673	0,3738658	4,4239323	188,65909	0,8425095	189,5016	0,4600004	189,9616	-0,1294617	0,1657894	-0,1298083	0,0003466
80,435452	-0,6108805	3,8130519	225,48656	8,4862468	233,9728	3,9054103	237,87821	-0,4118366	-0,2708926	-0,4119769	0,0001403
91,926231	-0,4676502	3,3454016	263,82138	0,000386	263,82177	0,0003723	263,82214	-0,0026919	-0,2073777	-0,0027785	8,663E-05
103,41701	0,3710347	3,7164363	232,53904	0	232,53904	2,6163597	229,92268	0,3319691	0,1645339	0,3318463	0,0001228
114,90779	0,4680146	4,1844509	201,68878	0	201,68878	0,201977	201,4868	0,0830153	0,2075392	0,0832322	-0,0002169
126,39857	-0,204347	3,9801038	214,17788	3,4971131	217,675	1,7185063	219,3935	-0,264518	-0,0906169	-0,264466	-5,196E-05
137,88935	-0,4688505	3,5112533	248,93921	1,1453999	250,08461	0,6113224	250,69593	-0,1513306	-0,2079099	-0,1513539	2,33E-05
149,38012	0,0465597	3,557813	245,03502	0	245,03502	0,9556595	244,07936	0,1929782	0,0206467	0,1926473	0,0003309
160,8709	0,4257605	3,9835736	213,95404	0	213,95404	0,8862059	213,06784	0,1849939	0,1888019	0,1849564	3,747E-05

L'épure de BERGERON (figure (IV.18)) représente graphiquement les résultats obtenus du tableau (IV.3) pour le circuit de Mezghitane.

Pour éviter l'effet des ondes de choc qui provoquent une surpression excessive accidentelle, on préconise à l'installation d'une soupape de décharge au niveau de la station de pompage, (figure (IV.19)).

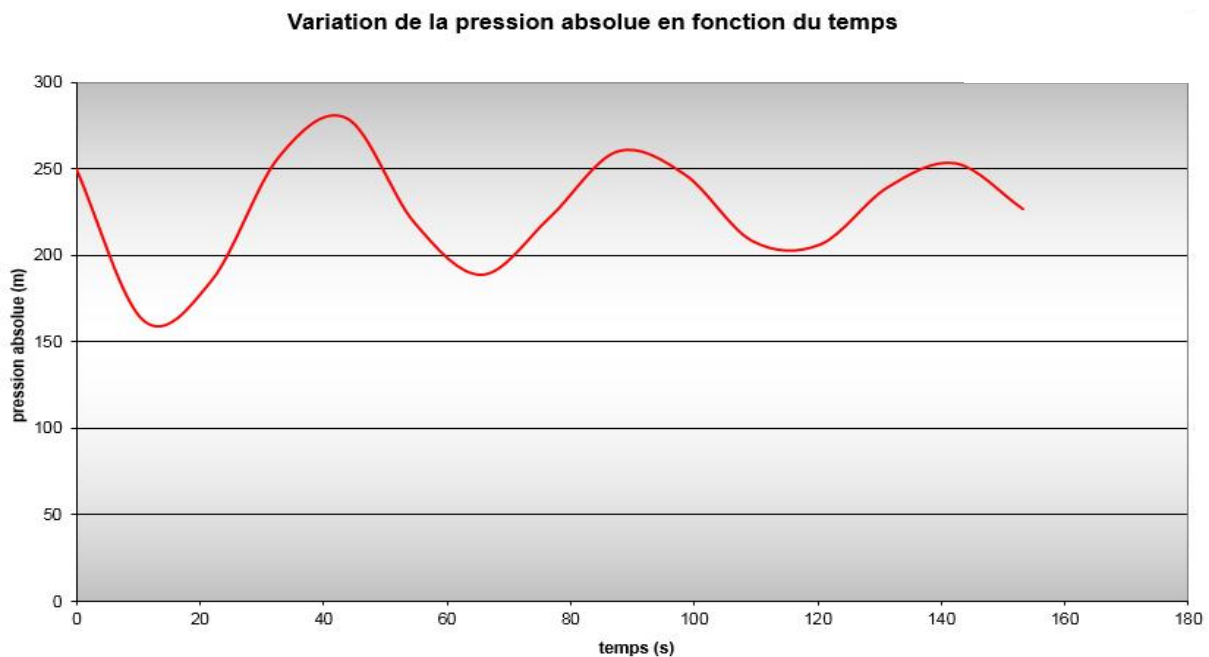


Figure (IV.17) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne de Mezghitane.

EPURE DE BERGERON

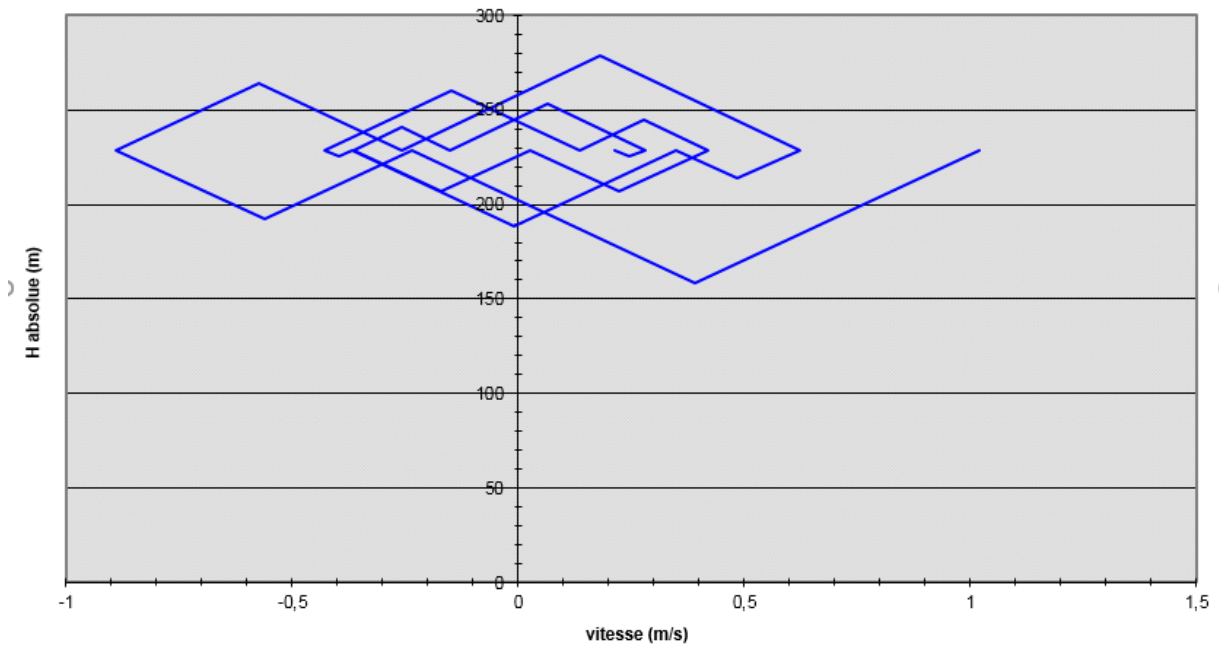


Figure (IV.18) : Epure de BERGERON pour le circuit de Mezghitane.

Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire

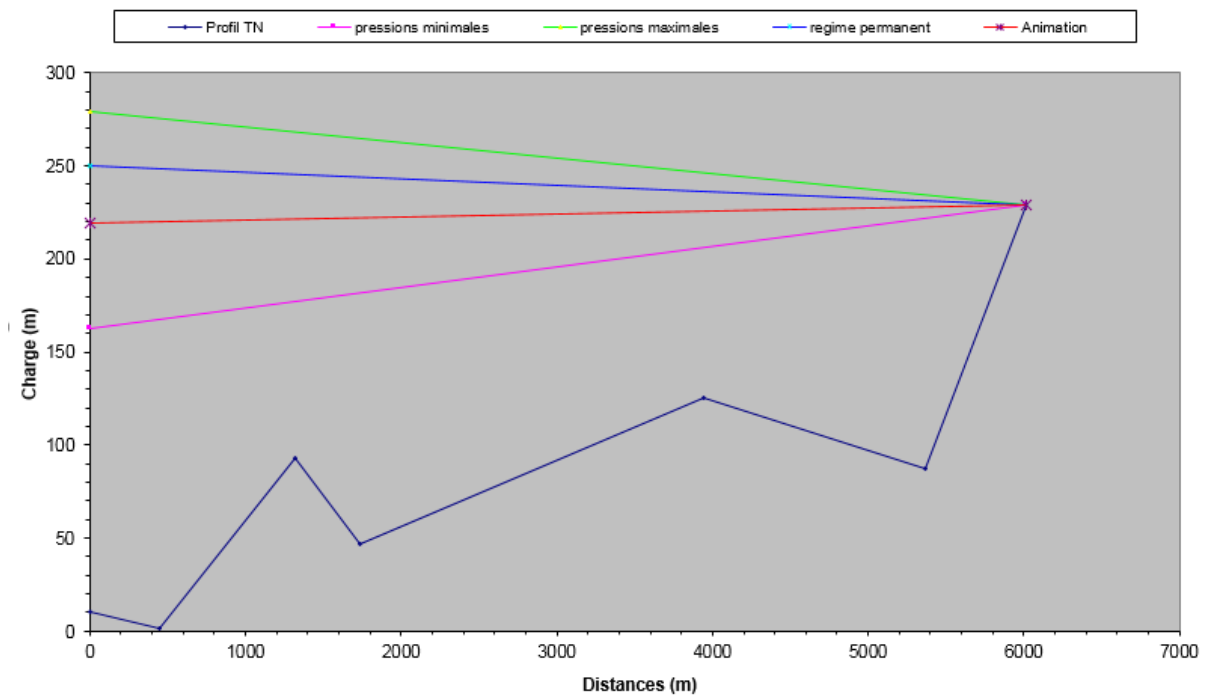


Figure (IV.19) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation de Mezghitane.

Tableau (IV.6) : Caractéristique du réservoir anti bélier de Mezghitane.

Capacité (l)	D (mm)	Nbr de pieds	H (mm)	Potence
6000	1500	3	4300	Non

V.4. Calcul du régime transitoire pour le circuit d'EL-Aouana :

Ce circuit est un ensemble de trois tronçons liés en série avec deux piquages, et chaque tronçon se caractérise par sa longueur, son diamètre et son épaisseur (e). Pour mener le calcul de protection contre le coup de bélier pour cette ligne et on admet les hypothèses suivantes :

1. Le débit refoulé en tout tronçon, est fixé à 80 l/s.
2. Les trois conduites sont télescopiques.

Un système avec de nombreux changements mineurs, comme le système des conduites télescopiques dans notre cas, peut être approximé par la recherche d'une impédance équivalente B_{eq} pour le calcul du régime transitoire. La réponse du régime transitoire prédite par l'utilisation de cette approximation est susceptible d'être tout à fait satisfaisant à des fins d'ingénierie (Wylie et Streeter. 1978).

La procédure implique l'utilisation d'un diamètre équivalent et une célérité équivalente le long des conduites télescopiques ce qui conduit à la détermination de l'impédance B_{eq} , tel que :

$$\frac{L_T}{S_{eq}} = \sum \left(\frac{L_i}{S_i} \right) \quad (IV.10)$$

Où :

L_T : La longueur totale des conduites.

L_i : La Longueur de chaque conduite (i).

S_{eq} : Section équivalente.

S_i : La section de chaque conduite (i).

Donc :

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4S_{eq}}{\pi}} \quad (IV.11)$$

Avec :

D_{eq} : Diamètre équivalent des trois conduites télescopiques.

Et :

$$\frac{L_T}{a_{eq}} = \sum \left(\frac{L_i}{a_i} \right) \quad (\text{IV.12})$$

Où :

a_{eq} : Célérité des ondes équivalente des trois conduites.

a_i : Célérité des ondes pour chaque conduite (i).

Ainsi, l'impédance de la conduite devient :

$$B_{eq} = \frac{a_{eq}}{gS_{eq}} \quad (\text{IV.13})$$

Le tableau (IV.7) suivant récapitule les propriétés des trois conduites télescopiques :

Tableau (IV.7) : Propriétés des conduites télescopiques.

Conduite	01	02	03
Diamètre (mm)	350	300	300
L_i (m)	3927	1052	2793
e_i (m)	0,006	0,0057	0,0057
Célérité a_i (m/s)	1088,52	1111,36	1111,36

Les caractéristiques de la conduite équivalente sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau (IV.8) : Les caractéristiques de la conduite équivalente.

Célérité équivalente (m/s)	Diamètre équivalent (mm)	L'impédance équivalente (s/m ²)
1099,3	322	1373,27

D'après le tableau (IV.8), le choix du volume du réservoir est de 3.7 m³, pour prendre en compte de phénomène d'amplification des ondes (Figure (IV.20)) sur les conduites de piquage, on a prévu un léger surdimensionnement de réservoir anti bélietel tel que le volume est de 4 m³. Les détails constructifs sont reportés en (Annexe (13)).

Tableau (IV.9) : Développement des résultats de calcul du coup de bélier pour la ligne d'El-Aouana.

Données de l'Adduction		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diametre	0,322 m	Vitesse	0,9828983 m/s	Volume U _a	2 m ³
Débit	0,08 m ³ /s	Section	0,0813919 m ²	K PDC entr	40 Vf ²
H géomet	140 m	Célérité a	1099 m/s	K PDC sort	0 Vf ²
Long. Cond	7772 m	B	110,11266 m	Exposant	1,2
coef. K	0,59	Hmax	250,11266 m	Pression de l'air	
Epaisseur	0,0057837 m	Hmin	29,887336 m	pres. air Z	
C Haz Will	121,53357	periode θ	14,143767 s	Résultats des pressions	
Résultats des variations du volume d'air		H ₀	150 m	Surpressio	
Umax	3,0954069 m ³	PDC δ	26,510795 m	Dépressio	
Umin	1,9731983 m ³	a/g	112,02854 s		

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z -+ Δh -+ δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	2	176,51079	0	176,51079	26,510795	150	0,9828983	0	0	
14,143767	0,8934781	2,8934781	113,31908	0	113,31908	9,6447456	103,67433	0,5693816	0,7761353	0,5693722	9,391E-06
28,287534	0,2019288	3,0954069	104,50714	1,9106403	106,41778	1,6374234	108,05521	-0,2185467	0,1754089	-0,2185544	7,633E-06
42,431302	-0,4630247	2,6323822	126,93709	13,729958	140,66705	10,16883	150,83588	-0,5854971	-0,4022144	-0,5858745	0,0003774
56,575069	-0,5377221	2,0946601	166,98251	4,8533148	171,83582	3,8820481	175,71787	-0,3484705	-0,4671016	-0,3483287	-0,0001418
70,718836	-0,1214619	1,9731983	179,39172	0	179,39172	0,6923311	178,69939	0,1372741	-0,10551	0,1373087	-3,46E-05
84,862603	0,292943	2,2661413	151,93677	0	151,93677	4,3766808	147,56009	0,371674	0,25447	0,3716313	4,27E-05
99,00637	0,30919	2,5753313	130,31894	0	130,31894	0,9787728	129,34017	0,1654789	0,2685833	0,1655352	-5,635E-05
113,15014	-0,0039233	2,571408	130,55758	1,188199	131,74578	1,0547188	132,80049	-0,1724648	-0,003408	-0,1723513	-0,0001135
127,2939	-0,2633689	2,3080391	148,63308	3,2537575	151,88684	2,6807602	154,5676	-0,285221	-0,2287799	-0,2852086	-1,242E-05
141,43767	-0,2141167	2,0939224	167,05311	0,3012575	167,35437	0,2959959	167,65037	-0,0868969	-0,1859962	-0,0867839	-0,000113
155,58144	0,04936	2,1432824	162,44711	0	162,44711	1,056844	161,39027	0,1723284	0,0428774	0,1725387	-0,0002103
169,72521	0,2205381	2,3638205	144,43415	0	144,43415	1,5288986	142,90525	0,2106715	0,1915742	0,2106097	6,178E-05
183,86897	0,1308945	2,494715	135,38862	0	135,38862	0,0141407	135,37447	0,0167898	0,1137038	0,0167979	-8,097E-06
198,01274	-0,0884633	2,4062517	141,38327	1,1626502	142,54592	1,0337015	143,57962	-0,1710722	-0,0768452	-0,1704883	-0,0005839

Variation de la pression absolue en fonction du temps

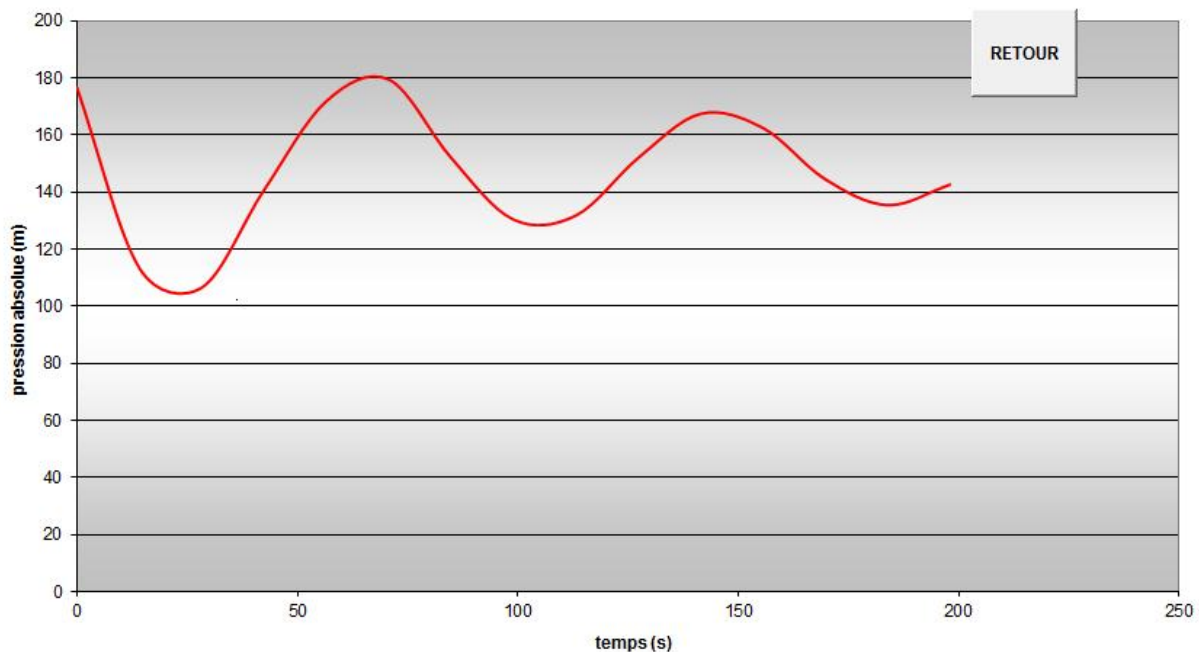


Figure (IV.20) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour la ligne d'EL-Aouana.

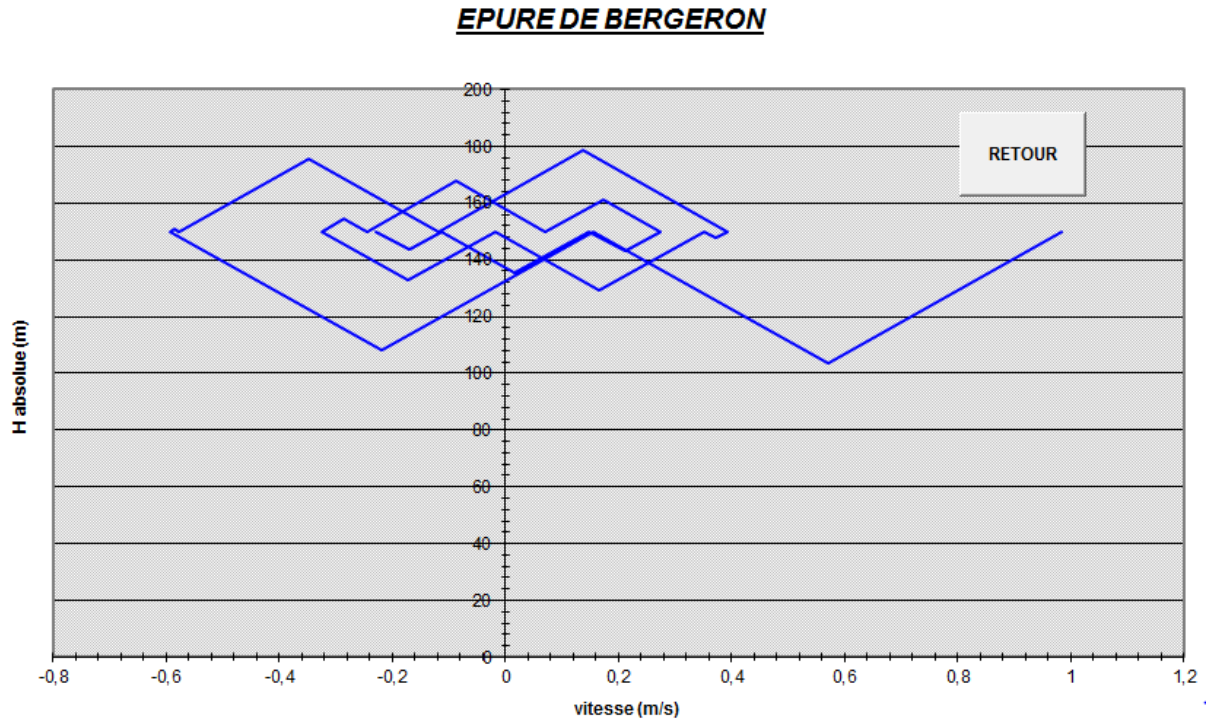


Figure (IV.21) : Epure de BERGERON pour le circuit d'EL-Aouana.

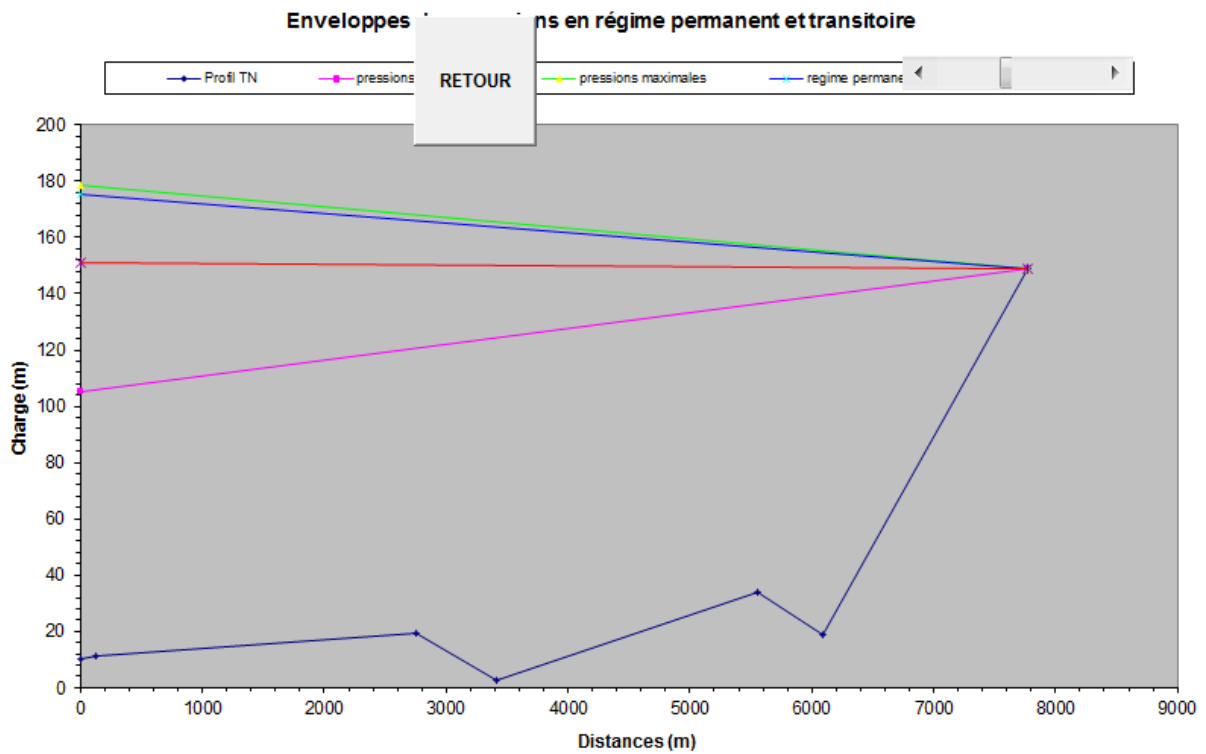


Figure (IV.22) : Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire pour la canalisation d'EL-Aouana.

Tableau (IV.10) : Caractéristique du réservoir anti bélier d'EL-Aouana.

Capacité (L)	D (mm)	H (mm)	Nbr de pieds	Potence
4000	1200	4100	3	Non

VI. Conclusion :

D'après l'étude effectuée pour le régime transitoire et après avoir vérifié les résultats du calcul et la simulation pour la station de pompage, on a opté pour le bon choix des organes de protection des installations contre le phénomène du coup de bélier, et le dimensionnement des réservoirs d'air.

Chapitre **V**

Conception de la station de pompage

I. Introduction :

Dans ce chapitre, il sera question de traiter la conception de la station de pompage Kissir (W. Jijel), et également d'une description et la présentation de tous les équipements hydromécaniques à l'intérieur de la station de pompage, ainsi l'installation des machines hydraulique.

II. Conception de la station pompage Kissir :

La station de pompage dont le bâtiment est d'une longueur de 32,5 m et d'une largeur de 13,5 m, se compose de seize fenêtres pour la ventilation, d'un dispositif de levage en forme de pont roulant pour le déplacement des équipements à l'intérieur du bâtiment comme montre-la (Figure (V.1)), et d'un ensemble de groupes électropompes espacés d'environ 1,2 m pour les trois groupes de Mezghitane, EL-Aouana, Timizert et de 2 m pour le groupe d'Ouled-Bouanar.

Chacun de ces groupes est relié à un angle de 45° avec le collecteur d'aspiration qui est situé au milieu du bâtiment. Cette installation est conçue pour minimiser les pertes de charges locales à l'entrée de chaque aspiration de ces machines.



Figure (V.1) : Dispositif de levage.

Chaque groupe de pompage est installé en parallèle dans deux couloirs de refoulement, à l'intérieur du bâtiment, le couloir Ouled-Bouanar et le couloir Mezghitane, EL-Aouana et Timizert, comme montre la (Figure (V.2)), et chaque pompe est équipée d'un divergent et d'un convergent à génératrice supérieure horizontale pour éviter la formation de poches d'air à l'entrée de la pompe.

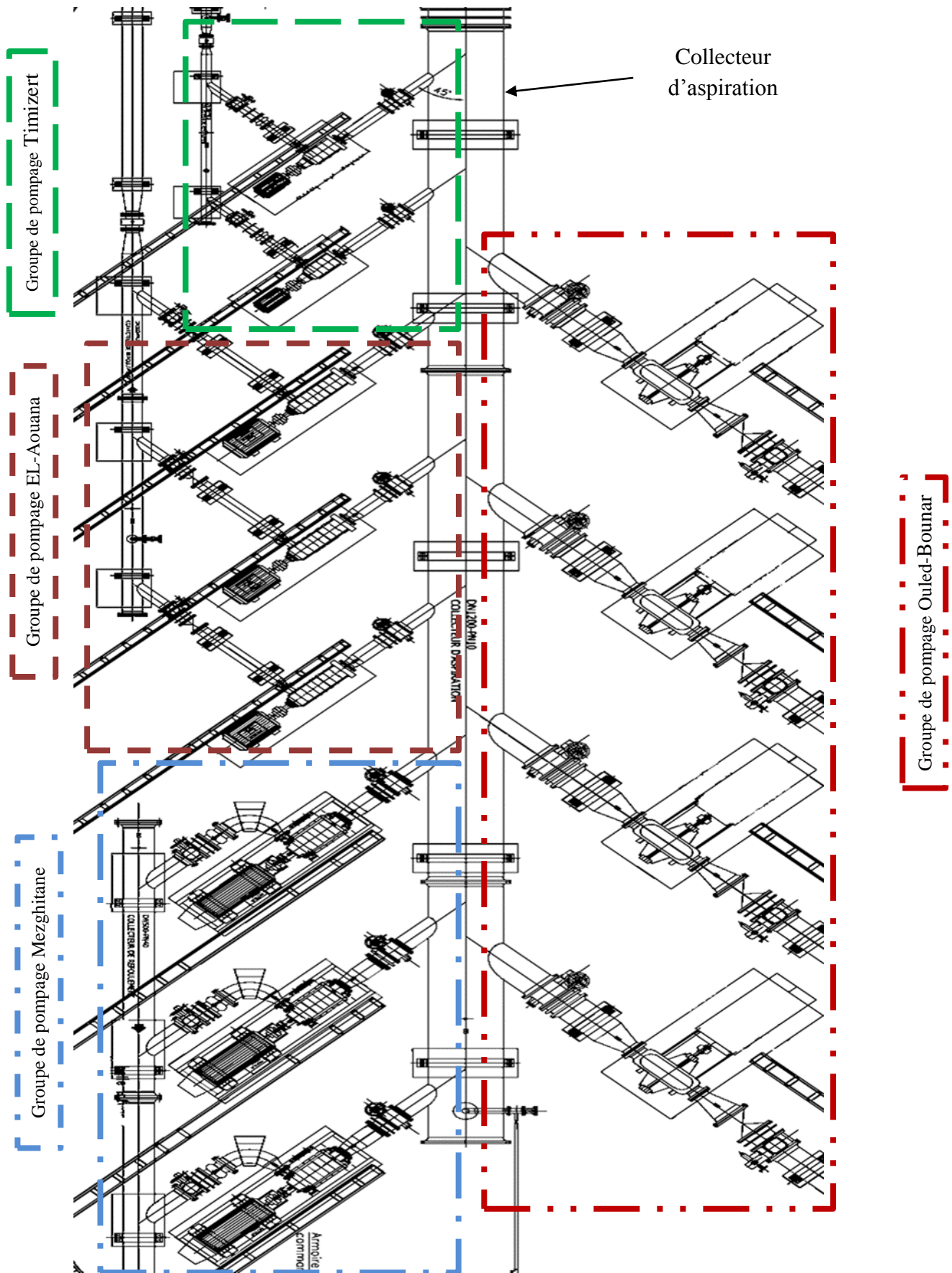


Figure (V.2) : Disposition des groupes de pompage à l'intérieur du bâtiment.

III. Equipements hydromécaniques :

III.1. Colporteur d'aspiration :

Le collecteur d'aspiration est alimenté à partir des réservoirs de stockage par une conduite DN 1200, il est placé au centre du bâtiment de la station de pompage comme il a été montré dans le chapitre I, (Figure (I.9)).

Ce collecteur est équipé des organes suivants :

- Deux conduites DN 200 pour desservir les pompes de refoulement de Timizert.
- Trois conduites DN 250 pour desservir les pompes de refoulement d'El-Aouana.
- Trois conduites DN 350 pour desservir les pompes de refoulement de Mezghitane.
- Quatre conduites DN 600 pour desservir les pompes de refoulement d'Ouled-Bouhar.
- Une ventouse plus une vanne d'isolement DN 100 et PN 10.
- Une vanne à opercule de vidange DN 100 et PN 10 commandée par volant.
- Une vanne papillon à brides DN 1200 et PN 10, équipée d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.
- Un Joint de démontage auto-buté DN 1200 et PN 10 en fonte ductile.
- Un manostat et une vanne d'isolement.

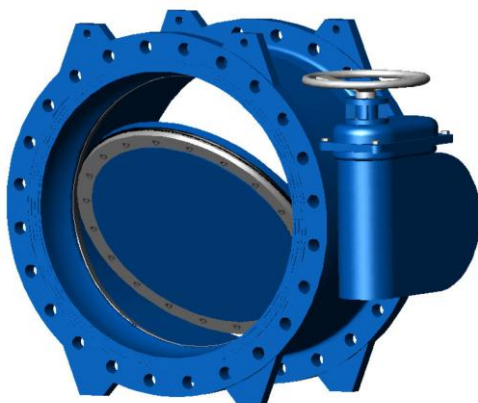


Figure (V.3) : Vanne papillon.



Figure (V.4) : Vanne à opercule.

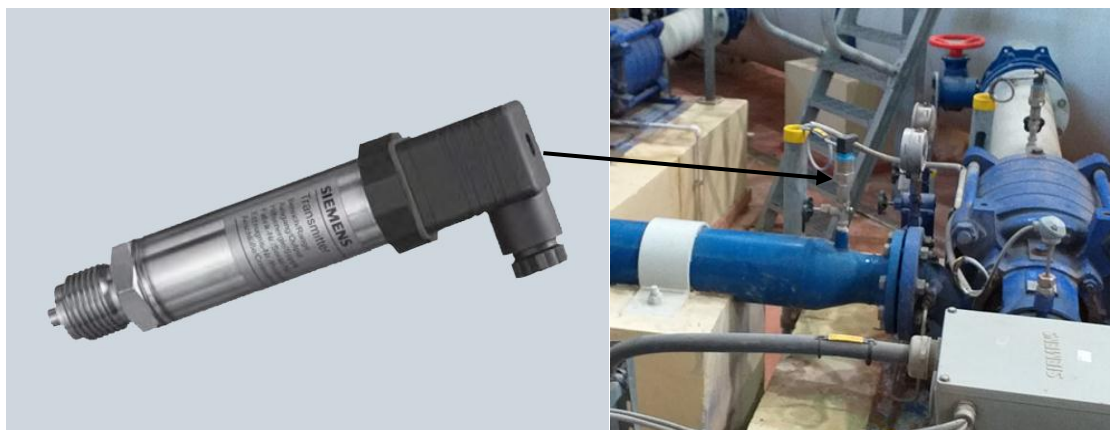


Figure (V.5) : Installation du manostat sur le refoulement.

III.2. Axe de refoulement d'El-Aouana :

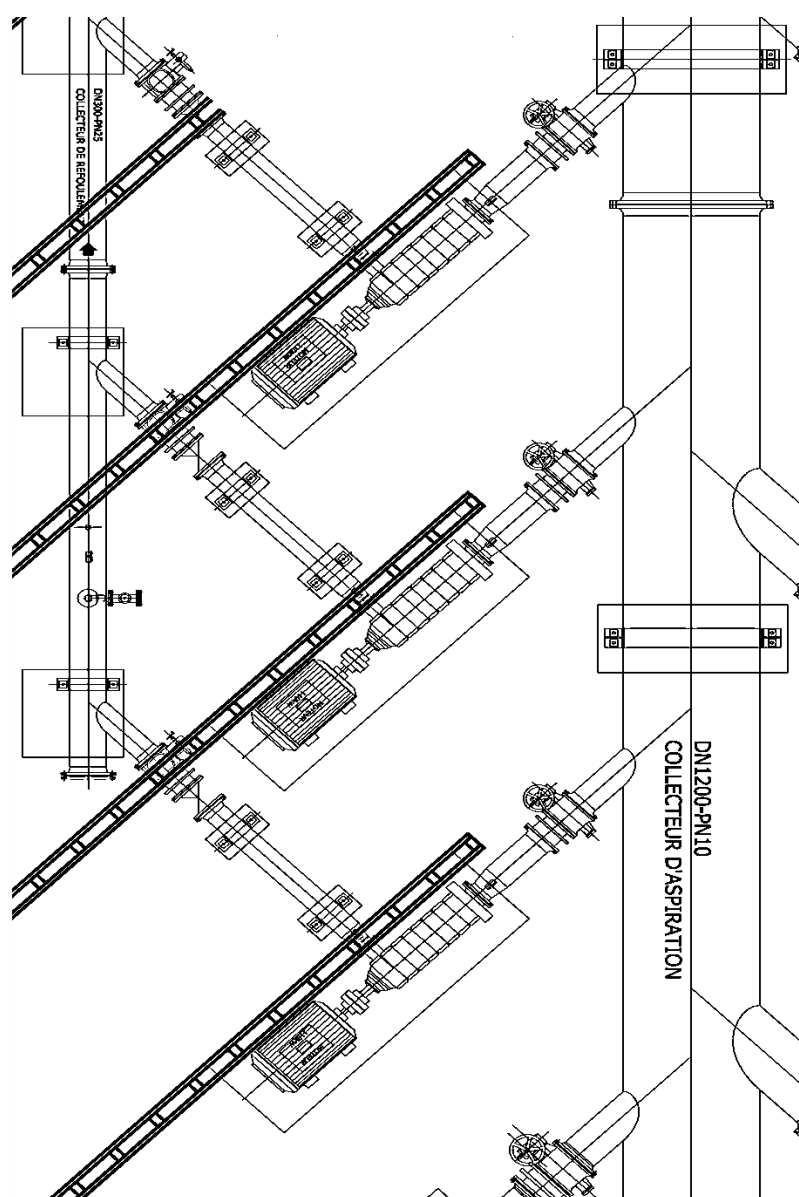


Figure (V.6) : Schéma d'installation des équipements hydromécaniques pour la ligne d'EL-Aouana.

III.2.1. A l'aspiration des pompes :

Il est prévu l'installation de :

- Trois vannes papillon à brides DN 250 et PN 10 en fonte ductile équipée d'un actionneur manuel avec détection de position ouverte.
- Trois joints de démontage auto buté DN 250 et PN 10 en fonte ductile.
- Trois cônes à bride convergents en acier DN 250 et PN 10 / DN 200 et PN 16.
- Un manostat en plus une vanne d'isolement.

III.2.2. Au refoulement des pompes :

Il est prévu l'installation de :

- Trois cônes à brides divergents en acier DN 125 et PN 40 / DN 200 et PN 25.
- Trois clapets de non-retour DN 200 et PN 25.
- Trois joints de démontage auto buté DN 200 et PN 25.
- Trois vannes papillon à brides DN 200 et PN 25, équipées chacune d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée plus un indicateur de position.
- Trois manostats plus une vanne d'isolement.

III.2.3. Collecteur général de refoulement :

Le collecteur général de refoulement des pompes DN 300 en acier, est équipé de :

- Trois piquages à brides DN 200 et PN 25 pour le refoulement individuel des pompes.
- Un manostat et une vanne d'isolement.

III.2.4. Mesure de débit :

La mesure de débit est assurée par un débitmètre électromagnétique DN 200 (Figure (V.7)). Le débitmètre sera installé à l'extrémité du collecteur de refoulement entre deux cônes convergent et divergent de DN 300/200.



Figure (V.7) : Installation du débitmètre électromagnétique sur le refoulement.

III.2.5. Vanne générale :

La vanne générale de sectionnement sera installée avec son joint de démontage en amont du débitmètre, à l'extrémité du collecteur de refoulement. Elle est de type papillon DN 300 et PN 25, équipée d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.

III.3. Axe de refoulement de Timizert :

III.3.1. A l'aspiration des pompes :

Il est prévu l'installation, comme il a été montré dans le chapitre I, (Figure (I.14)) :

- Deux robinets vanne DN 200 et PN 10 fonte ductile et un actionneur manuel avec détection de position ouverte.
- Deux joints de démontage auto-buté DN 200 et PN 10 fonte ductile.
- Deux cônes à bride convergents en acier DN 200 et PN 10 / DN 150 et PN 16.
- Deux manostats plus une vanne d'isolement.



Figure (V.8) : Robinet vanne.



Figure (V.9) : Joint de démontage auto-buté.

III.3.2. Au refoulement des pompes :

Il est prévu l'installation, comme il a été montré dans le chapitre I, (Figure (I.15)) :

- Deux cônes à brides divergents acier DN 100 et PN 40 / DN 150 et PN 16.
- Deux clapets de non-retour DN 150 et PN 16.

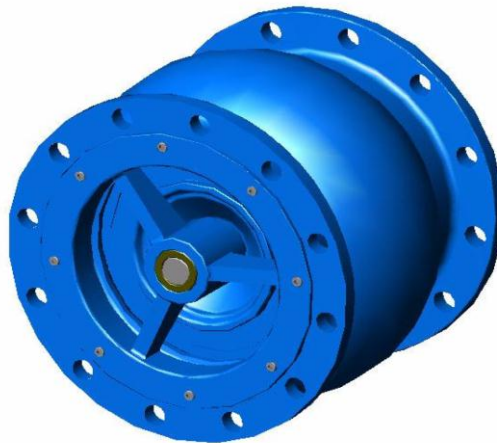


Figure (V.10) : Clapet a disque axial.

- Deux joints de démontage auto-buté DN 150 et PN 16.
- Deux vannes papillon à brides DN 150 et PN 16, équipées chacune d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.
- Deux manostats plus une vanne d'isolement.

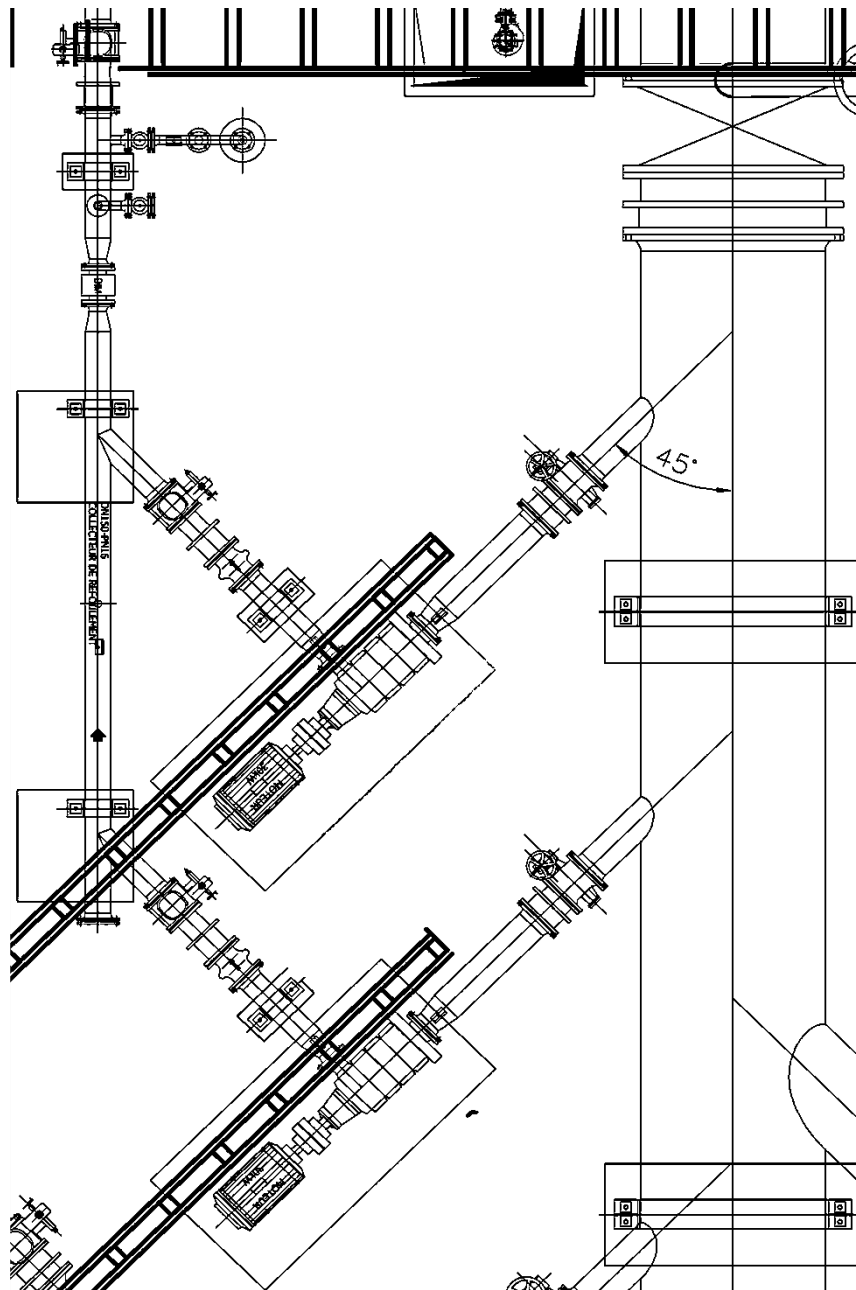


Figure (V.11) : Schéma d'installation des équipements hydromécaniques pour la ligne de Timizert.

III.3.3. Collecteur général de refoulement :

Le collecteur général de refoulement des pompes DN 150 est en acier, il est équipé de :

- Deux piquages à brides DN 150 et PN 16 pour le refoulement individuel des pompes.
- Un manostat plus une vanne d'isolement.

III.3.4. Mesure débit :

La mesure de débit est assurée par un débitmètre électromagnétique DN 100. Le débitmètre sera installé à l'extrémité du collecteur de refoulement entre deux cônes convergent et divergent de DN 150/100.

III.3.5. Vanne générale :

La vanne générale de sectionnement sera installée avec son joint du démontage en amont du débitmètre, à l'extrémité du collecteur de refoulement, elle est de type papillon DN 150 et PN 16, équipée d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.

III.4. Axe de refoulement de Mezghitane :**III.4.1. A l'aspiration des pompes :**

Il est prévu l'installation de :

- Trois vannes papillon à brides DN 350 et PN 10 fonte ductile équipée d'un actionneur manuel avec détection de position ouverte.
- Trois joints de démontage auto-buté DN 350 et PN 10 en fonte ductile.
- Trois cônes à bride convergents en acier DN 350 et PN 10 / DN 250 et PN 16.
- Trois manostats plus une vanne d'isolement.

III.4.2. Au refoulement des pompes :

Il est prévu l'installation de :

- Trois cônes à brides divergents en acier DN 150 et PN 40 / DN 300 et PN 40
- Trois clapets de non-retour DN 300 et PN 40.
- Trois joints de démontage auto-buté DN 300 et PN 40.
- Trois vannes papillon à brides DN 300 et PN 40, équipées chacune d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.
- Trois manostats plus une vanne d'isolement.

III.4.3. Collecteur général de refoulement :

Le collecteur général de refoulement des pompes DN 500 et PN 40 est en acier, il est équipé de :

- Trois piquages à brides DN 300 et PN 40 pour le refoulement individuel des pompes.

- Un manostat plus une vanne d'isolement.

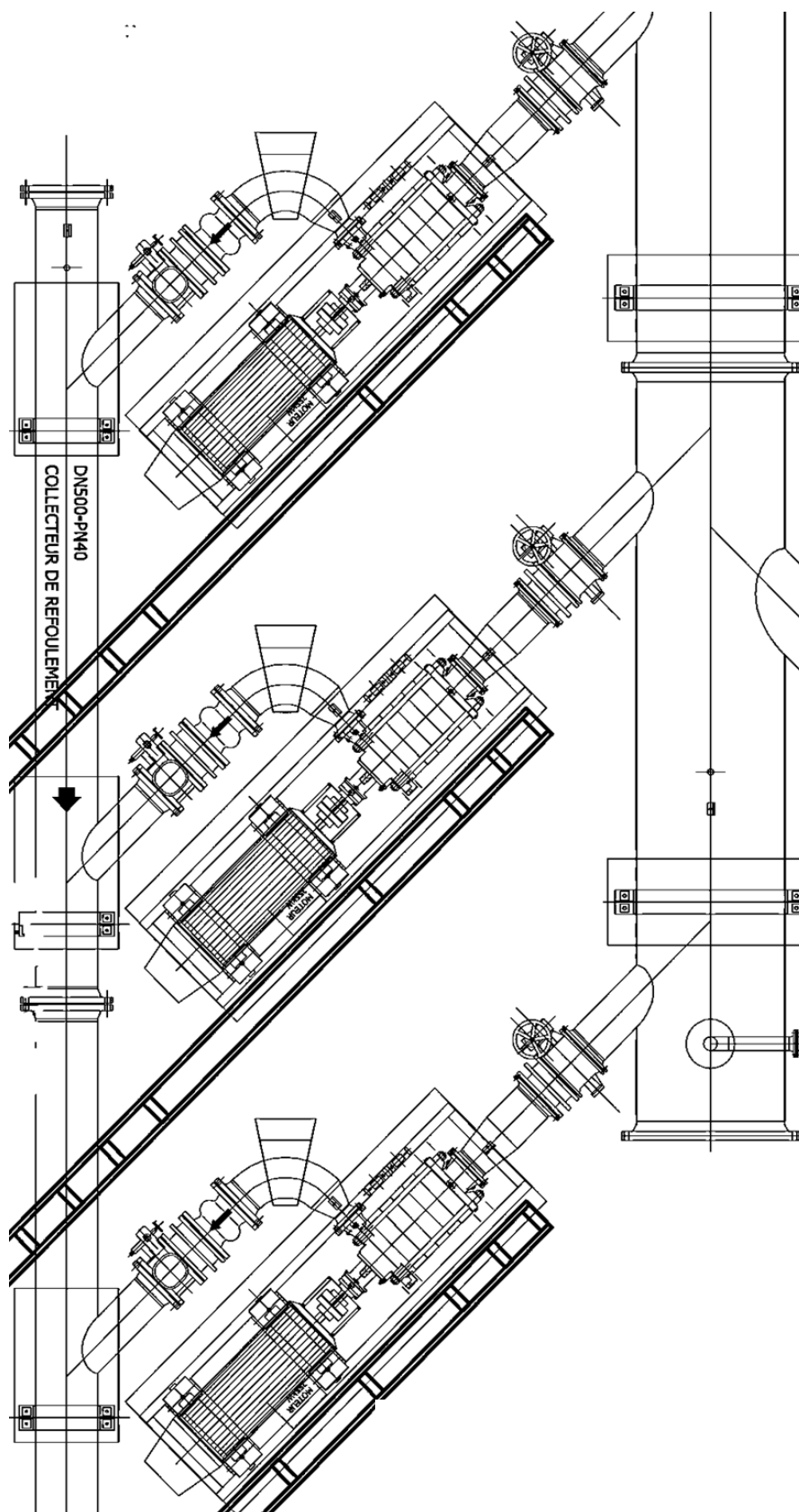


Figure (V.12) : Schéma d'installation des équipements hydromécanique pour la ligne de Mezghitane.

III.4.4. Mesure débit :

La mesure de débit est assurée par un débitmètre électromagnétique DN 300 et PN 40. Le débitmètre sera installé à l'extrémité du collecteur de refoulement entre deux cônes convergent et divergent de DN 500 et PN 40 / DN 300 et PN 40.

III.4.5. Vanne générale :

La vanne générale de sectionnement sera installée avec son joint du démontage en amont du débitmètre, à l'extrémité du collecteur de refoulement, elle est de type papillon DN 500 et PN 40, équipée d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.

III.5. Axe de refoulement d'Ouled-Boumar :

III.5.1. A l'aspiration des pompes :

Il est prévu l'installation de :

- Quatre manchettes traversant la paroi de DN 600.
- Quatre vannes papillon à brides DN 600 et PN 10 en fonte ductile actionneur manuel avec détection de position ouverte.
- Quatre joints de démontage auto buté DN 600 et PN 10 en fonte ductile.
- Quatre cônes à bride convergents en acier DN 600 et PN 10 /DN 300 et PN 25.
- Quatre manostats plus une vanne d'isolement.

III.5.2. Au refoulement des pompes :

Il est prévu l'installation de :

- Quatre cônes à brides divergents en acier DN 250 et PN 25/ DN 500 et PN 16
- Quatre clapets de non-retour (double battant) DN 500 et PN 16.

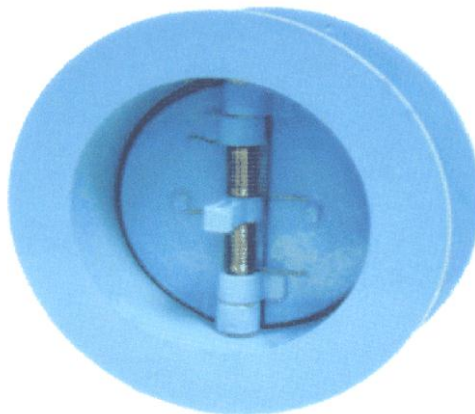


Figure (V.13) : Clapet à double battant.

- Quatre joints de démontage auto butés DN 500 et PN 16.
- Quatre vannes papillon à brides DN 500 et PN 16, équipées chacune d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.
- Quatre manostats plus une vanne d'isolement.

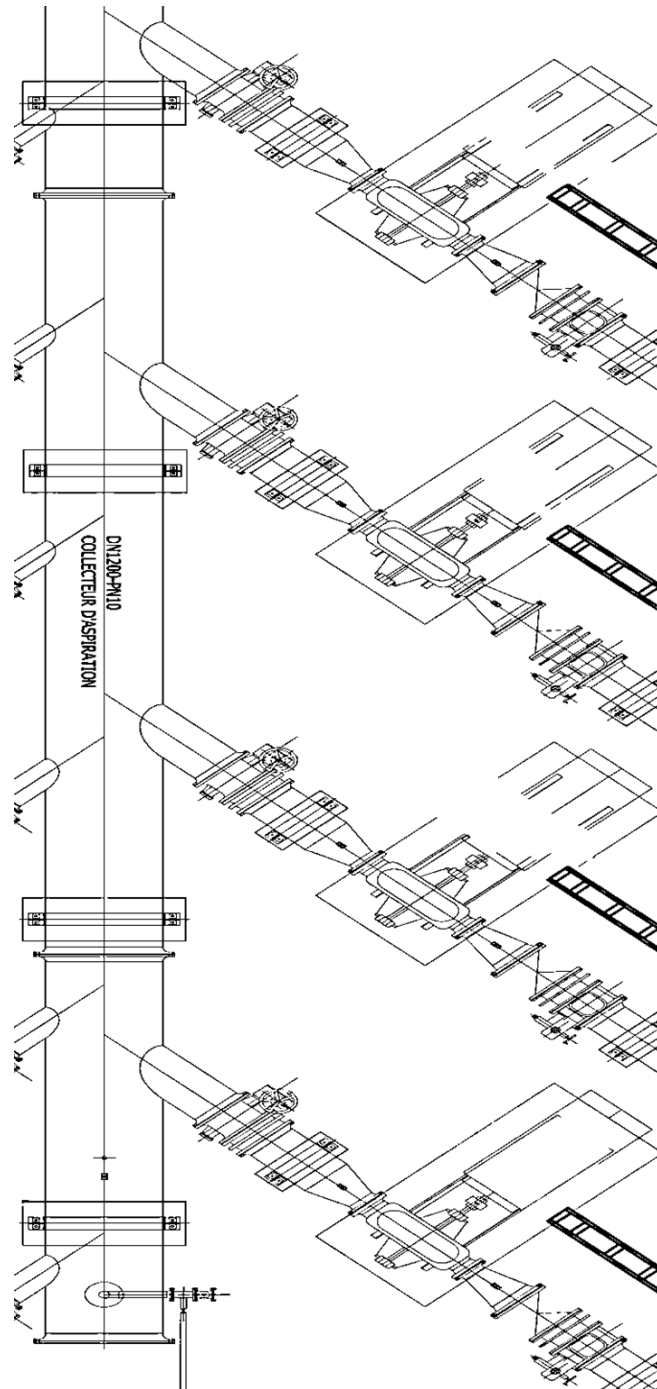


Figure (V.14) : Schéma d'installation des équipements hydromécanique la ligne d'Ouled-Bouinar.

III.5.3. Collecteur général de refoulement :

Le collecteur général de refoulement des pompes DN 900 en acier, Il est équipé de :

- Quatre piquages à brides DN 500 et PN 16 pour le refoulement individuel des pompes.
- Un manostat plus une vanne d'isolement.

III.5.4. Mesure débit :

La mesure de débit est assurée par un débitmètre électromagnétique DN 700. Le débitmètre sera installé à l'extrémité du collecteur de refoulement entre deux cônes convergent et divergent de DN 900/700.

III.5.5. Vanne générale :

La vanne générale de sectionnement sera installée avec son joint du démontage en amont du débitmètre, à l'extrémité du collecteur de refoulement, elle est de type papillon DN 900 et PN 16, équipée d'un actionneur électrique avec détection de positions ouverte et fermée et un indicateur de position.

IV. Conclusion :

Dans ce chapitre, la conception de la station de pompage est donnée ainsi que l'installation des équipements hydromécaniques à l'intérieur du bâtiment. Les plans de détails d'exécution sont donnés en annexe. Comme l'on peut constater, la conception d'une station est un pur exercice technique de haut niveau, nécessitant une pluridisciplinarité. Cet exercice de conception est souvent le fruit d'une expérience de longue date. Ce chapitre se voulait alors explicatif dans le détail pour montrer quelques éléments d'un tel exercice.

Complément d'étude

I. Introduction :

L'étude du champ d'écoulement dans la bache d'aspiration, et la recherche de la distribution des vitesses dans celle-ci, nous permet de détecter et ainsi d'éviter les effets secondaires indésirables tels que la formation d'un tourbillon à l'entrée de la conduite d'alimentation.

Notre travail consiste donc ici à l'étude du champ d'écoulement et de la distribution des vitesses en 2D dans la bache d'aspiration, en utilisant la méthode des différences finies pour la résolution d'une équation aux dérivées partielles de type Laplace.

II. Modèle mathématique du problème :

L'écoulement dans la bache admis à potentiel de vitesse, il est régi par une équation aux dérivées partielles (EDP) de type elliptique. Le champ de courant est alors donné par l'équation de Laplace (Comolet, 1990) :

$$\nabla^2 \Psi = 0 \quad (01)$$

D'où :

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0 \quad (02)$$

Tel que :

Ψ : Fonction du courant.

La solution particulière de cette EDP sera obtenue par adjonction des conditions aux limites suivantes :

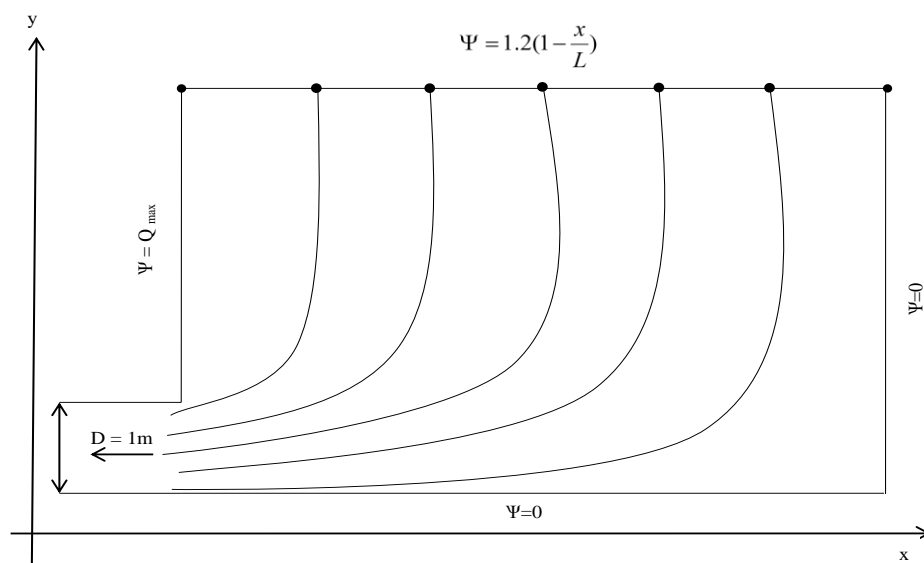


Figure (01) : Schéma illustratif des conditions aux limites de l'EDP.

La distribution des vitesses selon (x, y) est régie par les équations de Cauchy-Riemann, tels que (Comolet, 1990) :

$$\begin{cases} U_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{\partial \Psi}{\partial y} \\ U_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \end{cases} \quad (03)$$

III. La discrétisation numérique :

La discrétisation numérique de l'équation elliptique de type Laplace est la suivante (Chaudhry, 1979) :

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = \frac{\Psi_{i+1,j} - 2\Psi_{i,j} + \Psi_{i-1,j}}{(\Delta X)^2} \\ \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = \frac{\Psi_{i,j+1} - 2\Psi_{i,j} + \Psi_{i,j-1}}{(\Delta Y)^2} \end{cases} \quad (04)$$

Si : $\Delta X = \Delta Y = \text{cte.}$

La discrétisation est alors :

$$\Psi_{i+1,j} + \Psi_{i-1,j} + \Psi_{i,j+1} + \Psi_{i,j-1} - 4\Psi_{i,j} = 0 \quad (05)$$

La figure (02) suivante montre un schéma simplifié de la bache d'aspiration, d'une longueur de 31 m et une hauteur de 6 m, équipé d'une conduite de 1 m, selon le plan (x,y) tels que ΔX et ΔY égale $(1/6)$ m.

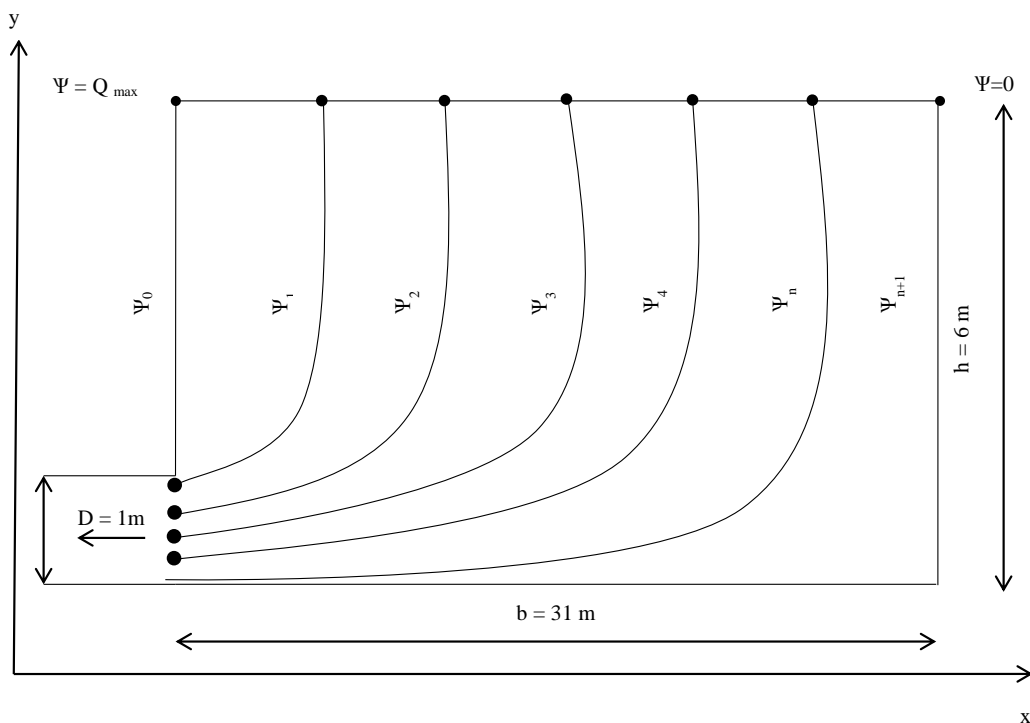


Figure (02) : Schéma de principe de la bache d'aspiration ainsi que le champ de courant.

IV. Résultats et interprétation :

Par la méthode numérique, les champs d'écoulement (Tableau (01)), sont définis dans l'espace du modèle numérique de la bache d'aspiration, la répartition des vitesses est en 2D selon x et y, est donnée dans les tableaux (02), (03) et (4), au voisinage de la conduite.

Tableau (01) : Champ d'écoulement dans la bache d'aspiration (distribution de Ψ).

Conduite	1,200	1,194	1,187	1,181	1,174	1,168	1,161	1,155	1,148	1,142	1,135	1,129	1,123	1,116	1,110	1,103
	1,200	1,192	1,184	1,176	1,169	1,161	1,153	1,145	1,138	1,130	1,123	1,115	1,108	1,100	1,093	1,086
	1,200	1,191	1,182	1,172	1,163	1,154	1,145	1,136	1,127	1,118	1,110	1,101	1,093	1,084	1,076	1,068
	1,200	1,189	1,179	1,168	1,158	1,147	1,137	1,127	1,116	1,106	1,097	1,087	1,077	1,068	1,059	1,050
	1,200	1,188	1,176	1,164	1,152	1,140	1,128	1,117	1,106	1,094	1,083	1,073	1,062	1,052	1,042	1,032
	1,200	1,186	1,173	1,159	1,146	1,133	1,120	1,107	1,094	1,082	1,070	1,058	1,047	1,035	1,024	1,014
	1,200	1,185	1,170	1,155	1,140	1,126	1,111	1,097	1,083	1,070	1,056	1,043	1,031	1,019	1,007	995
	1,200	1,183	1,167	1,150	1,134	1,118	1,102	1,087	1,072	1,057	1,042	1,028	1,015	1,001	989	976
	1,200	1,182	1,164	1,146	1,128	1,110	1,093	1,076	1,060	1,044	1,028	1,013	998	984	970	957
	1,200	1,180	1,160	1,141	1,121	1,102	1,083	1,065	1,047	1,030	1,013	997	981	966	951	937
	1,200	1,178	1,157	1,136	1,114	1,094	1,073	1,054	1,034	1,016	998	980	963	947	932	917
	1,200	1,177	1,153	1,130	1,107	1,085	1,063	1,042	1,021	1,001	982	963	945	928	912	896
	1,200	1,175	1,149	1,124	1,100	1,075	1,052	1,029	1,007	985	965	945	926	908	891	874
	1,200	1,173	1,145	1,118	1,092	1,066	1,040	1,016	992	969	947	926	906	887	869	852
	1,200	1,170	1,141	1,112	1,083	1,055	1,028	1,001	976	952	929	906	885	865	846	828
	1,200	1,168	1,136	1,104	1,074	1,043	1,014	986	959	933	909	886	863	842	823	804
	1,200	1,165	1,131	1,097	1,063	1,031	1,000	970	941	914	888	864	840	819	798	779
	1,200	1,162	1,125	1,088	1,052	1,018	984	952	922	893	866	840	816	793	772	752
	1,200	1,159	1,119	1,079	1,040	1,003	967	933	901	871	842	815	790	767	745	724
	1,200	1,155	1,111	1,068	1,027	987	948	912	878	846	816	788	762	738	716	695
	1,200	1,151	1,103	1,057	1,011	968	928	889	853	820	789	760	733	708	686	664
	1,200	1,147	1,094	1,043	994	948	904	864	826	791	759	729	702	677	653	632
	1,200	1,141	1,083	1,028	974	925	878	835	796	760	726	696	668	643	619	598
	1,200	1,134	1,070	1,009	952	898	849	804	763	725	691	660	632	607	584	562
	1,200	1,126	1,055	987	924	867	815	768	725	687	653	622	594	568	546	525
1,200	1,116	1,035	960	892	831	776	728	684	645	611	580	553	528	505	485	
1,200	1,102	1,010	927	853	788	732	682	638	600	566	535	509	485	463	444	
1,200	1,082	0,975	883	805	737	680	630	587	549	516	487	462	439	419	401	
1,200	1,050	0,926	827	745	677	620	572	530	494	463	436	412	391	372	355	
1,200	0,991	0,854	0,752	0,672	0,606	0,552	0,506	0,468	0,434	0,406	0,381	0,359	0,340	0,323	0,308	
1,000	0,860	0,746	0,656	0,583	0,524	0,475	0,434	0,400	0,370	0,345	0,323	0,304	0,287	0,273	0,260	
0,800	0,702	0,615	0,542	0,482	0,432	0,390	0,356	0,327	0,302	0,280	0,262	0,246	0,232	0,220	0,210	
0,600	0,532	0,470	0,416	0,370	0,331	0,299	0,272	0,249	0,230	0,213	0,199	0,187	0,176	0,167	0,158	
0,400	0,357	0,317	0,281	0,250	0,224	0,202	0,184	0,168	0,155	0,143	0,134	0,125	0,118	0,112	0,106	
0,200	0,179	0,159	0,142	0,126	0,113	0,102	0,093	0,085	0,078	0,072	0,067	0,063	0,059	0,056	0,053	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tableau (02) : Distribution de la vitesse $v_y(x,y)$.

Conduite	1,200	1,194	1,187	1,181	1,174	1,168	1,161	1,155	1,148	1,142	1,135	1,129	1,123	1,116	1,110	1,103
	1,200	0,008	0,017	0,025	0,033	0,041	0,049	0,056	0,064	0,071	0,077	0,084	0,090	0,096	0,101	0,106
	1,200	0,008	0,017	0,025	0,033	0,041	0,049	0,057	0,064	0,071	0,078	0,084	0,091	0,096	0,102	0,107
	1,200	0,009	0,017	0,025	0,034	0,042	0,050	0,057	0,065	0,072	0,079	0,085	0,091	0,097	0,103	0,108
	1,200	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,051	0,058	0,066	0,073	0,080	0,086	0,093	0,098	0,104	0,109
	1,200	0,009	0,018	0,026	0,035	0,043	0,052	0,059	0,067	0,074	0,081	0,088	0,094	0,100	0,105	0,110
	1,200	0,009	0,018	0,027	0,036	0,045	0,053	0,061	0,069	0,076	0,083	0,090	0,096	0,102	0,107	0,112
	1,200	0,009	0,019	0,028	0,037	0,046	0,055	0,063	0,071	0,078	0,085	0,092	0,098	0,104	0,110	0,115
	1,200	0,010	0,020	0,029	0,039	0,048	0,056	0,065	0,073	0,081	0,088	0,095	0,101	0,107	0,112	0,117
	1,200	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,059	0,067	0,076	0,084	0,091	0,098	0,104	0,110	0,115	0,120
	1,200	0,011	0,021	0,032	0,042	0,052	0,061	0,070	0,079	0,087	0,094	0,101	0,108	0,114	0,119	0,124
	1,200	0,011	0,023	0,034	0,044	0,055	0,065	0,074	0,083	0,091	0,099	0,106	0,112	0,118	0,123	0,128
	1,200	0,012	0,024	0,036	0,047	0,058	0,068	0,078	0,087	0,095	0,103	0,110	0,117	0,123	0,128	0,132
	1,200	0,013	0,026	0,038	0,050	0,062	0,073	0,083	0,092	0,101	0,109	0,116	0,122	0,128	0,133	0,137
	1,200	0,014	0,028	0,041	0,054	0,066	0,078	0,088	0,098	0,107	0,115	0,122	0,128	0,134	0,139	0,143
	1,200	0,015	0,030	0,045	0,058	0,071	0,083	0,094	0,104	0,114	0,122	0,129	0,135	0,140	0,145	0,149
	1,200	0,017	0,033	0,049	0,064	0,077	0,090	0,102	0,112	0,121	0,129	0,136	0,142	0,148	0,152	0,156
	1,200	0,018	0,036	0,054	0,070	0,085	0,098	0,110	0,121	0,130	0,138	0,145	0,151	0,156	0,160	0,163
	1,200	0,021	0,040	0,059	0,077	0,093	0,108	0,120	0,131	0,140	0,148	0,155	0,160	0,165	0,168	0,171
	1,200	0,023	0,046	0,067	0,086	0,104	0,119	0,132	0,143	0,152	0,160	0,166	0,171	0,175	0,178	0,180
	1,200	0,027	0,052	0,076	0,097	0,116	0,132	0,145	0,157	0,165	0,173	0,178	0,182	0,185	0,188	0,189
	1,200	0,031	0,060	0,087	0,111	0,131	0,148	0,162	0,172	0,181	0,187	0,192	0,195	0,197	0,198	0,199
	1,200	0,037	0,071	0,102	0,128	0,150	0,167	0,180	0,190	0,198	0,203	0,206	0,209	0,210	0,210	0,209
	1,200	0,045	0,086	0,121	0,150	0,173	0,190	0,203	0,211	0,217	0,221	0,223	0,223	0,223	0,222	0,220
	1,200	0,056	0,106	0,147	0,178	0,201	0,218	0,228	0,235	0,239	0,240	0,240	0,239	0,237	0,234	0,231
1,200	0,073	0,135	0,182	0,215	0,237	0,250	0,258	0,262	0,263	0,259	0,256	0,252	0,247	0,243	0,243	
1,200	0,102	0,180	0,231	0,262	0,280	0,289	0,292	0,292	0,289	0,284	0,279	0,273	0,267	0,260	0,254	
1,200	0,156	0,250	0,299	0,323	0,333	0,334	0,330	0,324	0,316	0,308	0,299	0,290	0,282	0,273	0,266	
1,200	0,273	0,364	0,394	0,399	0,394	0,383	0,371	0,358	0,344	0,331	0,319	0,307	0,296	0,286	0,277	
1,200	0,570	0,541	0,512	0,485	0,459	0,435	0,412	0,391	0,372	0,354	0,338	0,324	0,310	0,298	0,287	
1,000	0,867	0,717	0,630	0,570	0,523	0,485	0,452	0,423	0,398	0,376	0,356	0,339	0,323	0,309	0,296	
0,800	0,982	0,828	0,720	0,641	0,579	0,529	0,487	0,452	0,422	0,395	0,372	0,352	0,334	0,318	0,304	
0,600	1,034	0,894	0,783	0,694	0,623	0,565	0,516	0,476	0,441	0,411	0,385	0,363	0,343	0,326	0,311	
0,400	1,059	0,932	0,822	0,730	0,654	0,591	0,538	0,493	0,455	0,423	0,395	0,371	0,350	0,332	0,315	
0,200	1,071	0,951	0,844	0,751	0,673	0,607	0,551	0,504	0,464	0,430	0,401	0,376	0,354	0,335	0,318	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tableau (03) : Distribution de la vitesse $v_x(x,y)$.

	1,200	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
	1,200	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,046	0,046	0,046	0,046	0,045	0,045	0,045	0,044	0,044
	1,200	0,055	0,055	0,055	0,055	0,054	0,054	0,054	0,053	0,052	0,052	0,051	0,051	0,050	0,049
	1,200	0,064	0,064	0,063	0,063	0,062	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,058	0,057	0,056	0,055
	1,200	0,072	0,072	0,072	0,071	0,070	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060
	1,200	0,081	0,081	0,080	0,080	0,079	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,065
	1,200	0,090	0,090	0,089	0,088	0,087	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,077	0,075	0,072	0,070
	1,200	0,099	0,099	0,098	0,097	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,085	0,083	0,081	0,078	0,076
	1,200	0,109	0,108	0,107	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,095	0,092	0,090	0,087	0,084	0,081
	1,200	0,119	0,118	0,117	0,116	0,114	0,111	0,109	0,106	0,103	0,099	0,096	0,093	0,089	0,086
	1,200	0,129	0,129	0,127	0,125	0,123	0,120	0,117	0,114	0,110	0,107	0,103	0,099	0,095	0,091
	1,200	0,140	0,139	0,138	0,136	0,133	0,130	0,126	0,122	0,118	0,114	0,109	0,105	0,101	0,096
	1,200	0,152	0,151	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,131	0,126	0,121	0,116	0,111	0,106	0,101
	1,200	0,164	0,163	0,161	0,158	0,154	0,150	0,145	0,140	0,134	0,129	0,123	0,117	0,112	0,106
	1,200	0,178	0,176	0,174	0,170	0,166	0,160	0,155	0,149	0,143	0,136	0,130	0,123	0,117	0,111
	1,200	0,192	0,190	0,187	0,183	0,178	0,172	0,165	0,158	0,151	0,144	0,136	0,129	0,122	0,115
	1,200	0,208	0,206	0,202	0,197	0,191	0,184	0,176	0,168	0,160	0,151	0,143	0,135	0,127	0,120
	1,200	0,225	0,222	0,218	0,212	0,204	0,196	0,187	0,178	0,168	0,159	0,150	0,140	0,132	0,123
	1,200	0,244	0,241	0,235	0,228	0,219	0,209	0,199	0,188	0,177	0,166	0,156	0,146	0,136	0,127
	1,200	0,266	0,261	0,254	0,245	0,235	0,223	0,211	0,198	0,186	0,173	0,162	0,150	0,140	0,130
	1,200	0,290	0,284	0,276	0,265	0,252	0,238	0,223	0,208	0,194	0,180	0,167	0,154	0,143	0,132
	1,200	0,318	0,311	0,300	0,286	0,270	0,253	0,235	0,218	0,202	0,186	0,171	0,158	0,145	0,133
	1,200	0,350	0,341	0,326	0,308	0,289	0,268	0,247	0,227	0,209	0,191	0,175	0,160	0,146	0,134
	1,200	0,389	0,376	0,357	0,333	0,308	0,283	0,259	0,236	0,214	0,195	0,177	0,161	0,146	0,133
	1,200	0,436	0,417	0,391	0,360	0,328	0,298	0,269	0,242	0,218	0,196	0,177	0,160	0,145	0,131
	1,200	0,495	0,467	0,429	0,388	0,348	0,310	0,276	0,246	0,219	0,196	0,175	0,157	0,141	0,127
	1,200	0,571	0,526	0,470	0,415	0,364	0,319	0,280	0,247	0,218	0,193	0,171	0,152	0,136	0,122
	1,200	0,674	0,595	0,512	0,437	0,375	0,322	0,279	0,242	0,212	0,186	0,164	0,145	0,129	0,115
	1,200	0,821	0,669	0,544	0,448	0,375	0,317	0,270	0,232	0,201	0,175	0,154	0,135	0,120	0,106
	1,200	1,039	0,716	0,546	0,437	0,359	0,300	0,253	0,216	0,186	0,161	0,140	0,122	0,108	0,095
	1,000	0,762	0,611	0,488	0,395	0,324	0,270	0,227	0,192	0,164	0,142	0,123	0,107	0,094	0,083
Conduite	0,800	0,555	0,479	0,399	0,331	0,274	0,228	0,192	0,162	0,138	0,119	0,102	0,089	0,078	0,068
	0,600	0,390	0,349	0,300	0,254	0,213	0,178	0,150	0,127	0,108	0,092	0,079	0,069	0,060	0,053
	0,400	0,249	0,228	0,200	0,171	0,145	0,122	0,103	0,087	0,074	0,063	0,054	0,047	0,041	0,036
	0,200	0,122	0,112	0,099	0,086	0,073	0,062	0,052	0,044	0,037	0,032	0,028	0,024	0,021	0,018
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tableau (04) : Distribution du module de la vitesse $|\vec{v}|$ dans le plan (x,y) .

	1,200	1,194	1,188	1,181	1,175	1,168	1,162	1,155	1,149	1,143	1,136	1,130	1,123	1,117	1,110	1,104
	1,200	0,048	0,050	0,053	0,057	0,062	0,067	0,073	0,079	0,084	0,090	0,095	0,100	0,106	0,110	0,115
	1,200	0,056	0,058	0,061	0,064	0,068	0,073	0,078	0,083	0,088	0,094	0,099	0,104	0,108	0,113	0,117
	1,200	0,064	0,066	0,068	0,071	0,075	0,079	0,084	0,089	0,093	0,098	0,103	0,107	0,112	0,116	0,120
	1,200	0,073	0,074	0,076	0,079	0,082	0,086	0,090	0,094	0,099	0,103	0,107	0,112	0,116	0,120	0,124
	1,200	0,082	0,083	0,085	0,087	0,090	0,093	0,097	0,101	0,105	0,108	0,112	0,116	0,120	0,124	0,127
	1,200	0,091	0,092	0,093	0,095	0,098	0,101	0,104	0,107	0,111	0,114	0,118	0,121	0,125	0,128	0,131
	1,200	0,100	0,101	0,102	0,104	0,106	0,109	0,111	0,114	0,118	0,121	0,124	0,127	0,130	0,133	0,136
	1,200	0,109	0,110	0,111	0,113	0,115	0,117	0,119	0,122	0,125	0,128	0,130	0,133	0,136	0,138	0,141
	1,200	0,119	0,120	0,121	0,122	0,124	0,126	0,128	0,130	0,132	0,135	0,137	0,139	0,142	0,144	0,146
	1,200	0,130	0,130	0,131	0,132	0,134	0,135	0,137	0,139	0,141	0,142	0,144	0,146	0,148	0,150	0,152
	1,200	0,141	0,141	0,142	0,143	0,144	0,145	0,146	0,148	0,149	0,151	0,152	0,154	0,155	0,156	0,158
	1,200	0,153	0,153	0,153	0,154	0,155	0,155	0,156	0,157	0,158	0,159	0,160	0,161	0,162	0,163	0,164
	1,200	0,165	0,165	0,165	0,166	0,166	0,166	0,167	0,167	0,168	0,168	0,169	0,169	0,170	0,170	0,170
	1,200	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178	0,177	0,177
	1,200	0,193	0,193	0,192	0,192	0,191	0,191	0,190	0,190	0,189	0,188	0,188	0,187	0,186	0,185	0,185
	1,200	0,209	0,208	0,208	0,207	0,206	0,205	0,203	0,202	0,201	0,199	0,198	0,196	0,195	0,193	0,192
	1,200	0,226	0,225	0,224	0,223	0,221	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,208	0,206	0,204	0,202	0,200
	1,200	0,245	0,244	0,243	0,241	0,238	0,235	0,232	0,229	0,226	0,223	0,220	0,217	0,214	0,211	0,208
	1,200	0,267	0,265	0,263	0,260	0,257	0,253	0,249	0,244	0,240	0,236	0,232	0,227	0,224	0,220	0,216
	1,200	0,291	0,289	0,286	0,282	0,277	0,272	0,266	0,261	0,255	0,249	0,244	0,239	0,234	0,229	0,225
	1,200	0,319	0,316	0,312	0,306	0,300	0,293	0,285	0,278	0,271	0,264	0,257	0,251	0,245	0,239	0,234
	1,200	0,352	0,348	0,342	0,334	0,325	0,316	0,306	0,297	0,287	0,279	0,270	0,263	0,255	0,249	0,242
	1,200	0,391	0,386	0,377	0,366	0,353	0,341	0,329	0,316	0,305	0,294	0,284	0,275	0,266	0,259	0,251
	1,200	0,439	0,431	0,417	0,402	0,385	0,369	0,353	0,338	0,323	0,310	0,299	0,288	0,278	0,268	0,260
	1,200	0,500	0,486	0,466	0,443	0,421	0,399	0,378	0,359	0,342	0,327	0,313	0,300	0,289	0,278	0,269
	1,200	0,580	0,556	0,524	0,491	0,459	0,431	0,405	0,382	0,362	0,343	0,327	0,312	0,299	0,288	0,277
	1,200	0,692	0,646	0,593	0,544	0,501	0,464	0,432	0,405	0,381	0,359	0,341	0,324	0,310	0,297	0,285
	1,200	0,865	0,762	0,671	0,600	0,543	0,497	0,459	0,427	0,399	0,375	0,354	0,336	0,319	0,305	0,292
	1,200	1,185	0,898	0,749	0,653	0,583	0,528	0,484	0,447	0,416	0,389	0,366	0,346	0,328	0,313	0,299
Conduite	1,000	1,154	0,942	0,797	0,693	0,616	0,555	0,506	0,465	0,431	0,402	0,377	0,355	0,336	0,320	0,305
	0,800	1,128	0,957	0,824	0,721	0,641	0,576	0,524	0,480	0,444	0,413	0,386	0,363	0,343	0,325	0,310
	0,600	1,105	0,960	0,838	0,739	0,658	0,592	0,538	0,492	0,454	0,421	0,393	0,369	0,348	0,330	0,314
	0,400	1,088	0,959	0,846	0,750	0,670	0,603	0,548	0,501	0,461	0,428	0,399	0,374	0,352	0,334	0,317
	0,200	1,078	0,957	0,849	0,756	0,677	0,610	0,553	0,506	0,466	0,431	0,402	0,377	0,355	0,336	0,319
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

V. Conclusion :

La résolution de ce type de problème par l'ingénieur à l'aide du modèle analytique est particulièrement compliquée. Les méthodes numériques sont donc les plus simples pour traiter ce genre de problème, en remplaçant le différentiel de type Laplace par des différences, la solution est donc de trouver le champ d'écoulement dans la bache d'aspiration et la répartition des vitesses.

Conclusion générale

Conclusion générale

A travers ce modeste travail, nous avons abordé une étude qui consiste en le dimensionnement de la station de pompage Kissir (w. Jijel). En général, ce mémoire se composait de cinq chapitres essentiels suivis d'un complément d'étude à la fin.

Nous avons d'abord commencé par une présentation descriptive du projet de la station de traitement Kissir jusqu'à la station de pompage.

Deuxièmement, nous avons réalisé une étude du système de refoulement de la station, de sorte à faire un dimensionnement optimal des adductions, qui répondaient aux conditions techniques et économiques. Dans ce contexte, et lors de l'étude du deuxième chapitre, nous avons rencontré un problème très complexe en hydraulique, qui concerne le dimensionnement d'une adduction composée de trois tronçons en liaison avec deux piquages, ce qui nous a conduits à un calcul d'optimisation non linéaire couplant les conditions hydrauliques aux contraintes économiques du problème, pour le résoudre. Pour cela nous avons également dû effectuer un calcul de vannage, afin pouvoir régler le débit à l'entrée des deux piquages.

Par la suite, et à l'aide du catalogue KSB, nous avons opté pour les pompes adaptées à chaque ligne de refoulement. Pour cela, il nous a fallu dans le chapitre qui en a suivi, l'étude du régime transitoire pour la station de pompage et le dimensionnement des organes de protection contre le phénomène du coup de bélier, tels que les réservoirs d'air. Cependant, nous avons eu recours au calcul et à la simulation du coup de bélier pour les conduites télescopiques. Et pour cela nous avons donné une partie théorique pour le calcul de l'impédance équivalente.

Alors que dans le cinquième chapitre, la conception de la station de pompage a été introduite, ainsi que l'installation d'équipements hydromécaniques à l'intérieur du bâtiment, comme un exemple d'exercice se présentant pour l'ingénieur hydraulicien.

En dernier lieu, nous avons étudié le champ d'écoulement et la distribution bidimensionnelle de la vitesse dans la bêche d'aspiration, et qui a fait l'objet d'un complément d'étude.

Enfin, ce projet de fin d'études nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises dans le domaine des pompes et usines élévatoires lors de notre cycle de formation, et nous espérons que ce modeste travail pourra être utilisé pour de futures promotions.

Références bibliographiques

Bibliographie

ACHOUR, B. 2007 : “*Calcul des conduites et canaux par la MMR*“. Tome 1- Conduites et canaux en charge. Larhyss / Edition Capitale.

AMARA, L et al. 2016 : “*Simulation numérique du phénomène transitoire du coup de bélier*“. Éditions Universitaires Européennes.

BONNIN, J. 1977 : “*Hydraulique urbaine appliqué aux agglomérations de petite et moyenne importance*“. Edition Eyrolles.

CARLIER, M. 1972 : “*Hydraulique générale et appliqué*“. Eyrolles, Paris.

CHAUDHRY, H. 1979 : “*Applied hydraulic transients*“. Van Nostrand.

COMOLET, R. 1990 : “*Mécanique expérimentale des fluides*“. Masson.

DUPONT, A. 1979: “*Hydraulique urbaine*“. Tome II, ouvrages de transport-élévation et distribution des eaux. Eyrolles.

GODART, H. 2000 : “*Adduction et distribution d'eau*“. Technique de l'ingénieur.

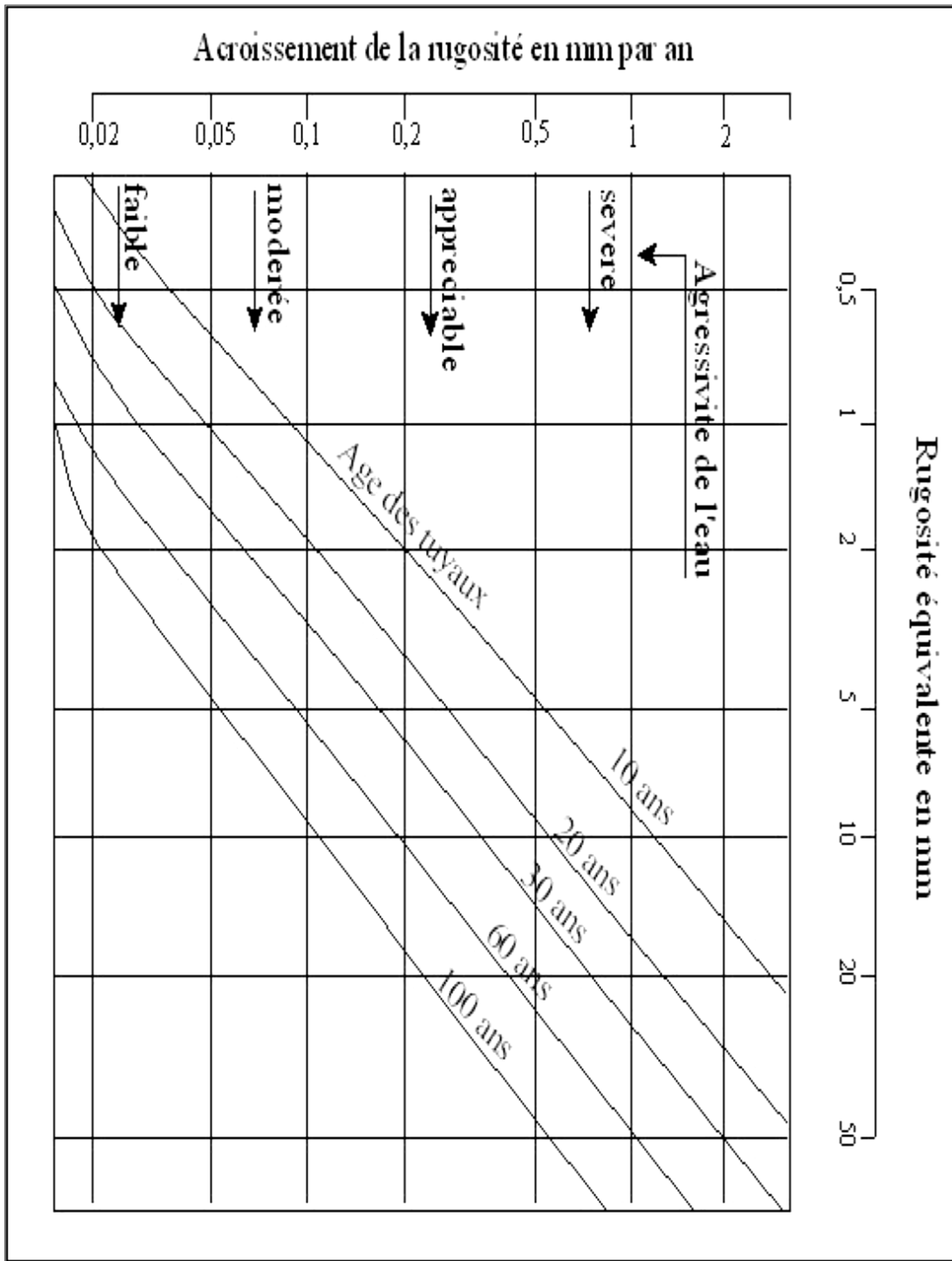
MOREL, M. 1994: “*Exercices de mécanique des fluides*“. Tome II, Turbomachines-construction graphique et phénomènes transitoires, Chihab-Eyrolles.

WYLIE, E.B et STREETER, V.L. 1978: “*Fluid transients* “. MacGraw-Hill.

Annexe

Annexes

Annexe 01 : Abaque de PETER LAMON.



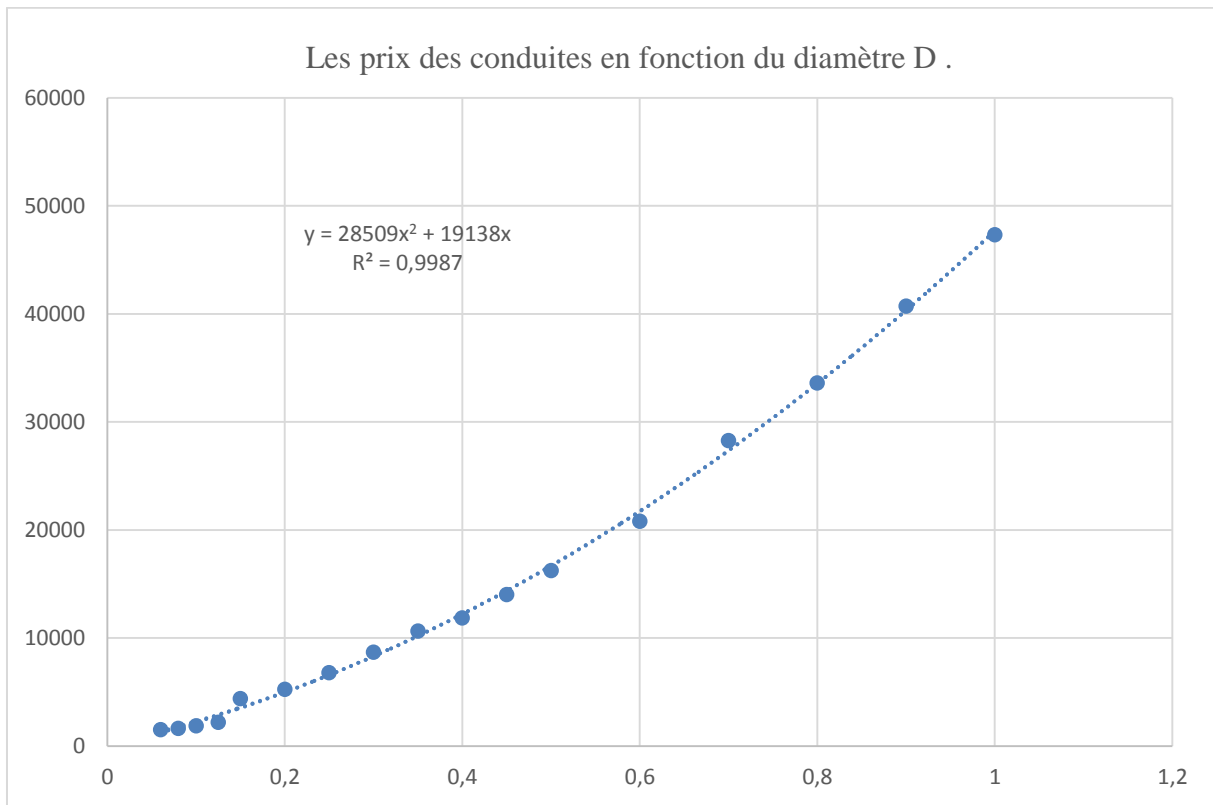
Annexes

Annexe 02 : Prix des conduites en fonte ductile.

Référence SAP PAM	DN (mm)	Quantité (m)	Poids sans joint (kg/m)	Poids total sans joint (kg)	Tarif 2 sans joint (DZD/m)
NSA60Q60	60	1	9,42	9,42	1 530,88
NSA80Q60	80	1	12,20	12,20	1 642,24
NSB10Q60	100	1	14,85	14,85	1 876,24
NSB12Q60	125	1	18,30	18,30	2 200,80
NSB15Q60	150	1	22,15	22,15	4 385,78
NSB20Q60	200	1	30,20	30,20	5 235,19
NSB25Q60	250	1	42,22	42,22	6 783,05
NSB30F60	300	1	55,55	55,55	8 684,41
NSB35G60	350	1	68,83	68,83	10 637,96
NSB40G60	400	1	79,40	79,40	11 856,93
NSB45G60	450	1	93,80	93,80	14 018,46
NSB50G60	500	1	111,15	111,15	16 232,11
NSB60G60	600	1	150,56	150,56	20 813,05
NSB70H70	700	1	186,20	186,20	28 257,82
NSB80H70	800	1	229,00	229,00	33 600,02
NSB90H70	900	1	279,20	279,20	40 705,18
NSC10H70	1000	1	334,00	334,00	47 330,53

Annexes

Annexes 03 : Les prix des conduites en (DA/ml) en fonction du diamètre D en (m).



Annexes

Annexe 04 : Nombre de tours pour fermeture en fonction du diamètre (cas de robinet vanne).

DN (mm)	40	50	65	80	90	125	160	200	250	300
Nombre de tours pour fermeture	12.5	12.5	13	17	21	25	30	33	41.5	50

Annexes

Annexe 05 : Les caractéristiques techniques complètes du groupe de pompage d'Ouled Bounnar.

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste: 100
Date: 09/05/2021
Page: 1 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1

Caractéristiques de fonctionnement

Débit demandé	300,000 l/s	Débit	300,174 l/s
Hauteur manométrique totale demandée	140,28 m	Hauteur manométrique tot.	140,29 m
Liquide pompé	Eau Eau pure Ne contenant pas de substances attaquant chimiquement ou mécaniquement les matériaux	Rendement	80,8 %
Température ambiante maximale	20,0 °C	Puissance absorbée	510,26 kW
Température ambiante minimale	20,0 °C	Vitesse de rotation pompe	1493 rpm
Température liquide pompé	20,0 °C	NPSH requis	5,12 m
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	NPSH 3%	3,88 m
Viscosité liquide pompé	1,00 mm ² /s	Pression de refoulement	13,73 bar.r
Pression d'aspiration max.	0,00 bar.r	Operating pressure	16,54 bar.r
Hauteur géométrique	130,00 m	Débit mini pour marche continue stable	157,402 l/s
Débit massique	299,57 kg/s	Débit massique mini pour marche continue stable	157,09 kg/s
Puissance max. courbe	585,58 kW	Hauteur à débit nul	168,99 m
		Débit massique max. admissible	380,89 kg/s
		Exécution	Pompe simple 1 x 100 %

Feuilles de données



N° de poste client:
 Date de communication:
 Nr de doc.: Quick quote
 Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
 Poste: 100
 Date: 09/05/2021
 Page: 2 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1

Exécution

Norme de pompe	Pompe à volute à plan de joint axial	Diamètre de roue	635,0 mm
Les performances d'une pompe dépendent de certains aspects de fabrication et de la qualité des matériaux mis en œuvre (rugosité de surface des pièces de fonderie, tolérances de moulage, etc.). Les opérations de fabrication valables pour l'option « Version optimisée » vont au-delà de celles appliquées pour les versions standard et permettent d'améliorer les performances de la pompe.		Diamètre de roue minimum	612,0 mm
Exécution	Pompe et moteur sur châssis commun (3E)	Diamètre de roue non réduit	764,0 mm
Mode d'installation	Horizontale	Sens de rotation vu du moteur	Sens horaire
Version optimisée	Yes	Joint de palier côté entraînement	Bague d'étanchéité d'arbre
Bride d'aspiration (AS) perçage et plan de joint suivant	EN 1092-2 / DN 300 / PN 25 21A / FF	Type de palier côté entraînement	Paliers à roulements
Bride de refoulement (AD) perçage et plan de joint suivant	EN 1092-2 / DN 250 / PN 25 21A / FF	Type de lubrification côté entraînement	Graisse
Étanchéité d'arbre	GM à simple effet	Joint de palier côté opposé à l'entraînement	Bague d'étanchéité d'arbre
Fabricant	KSB	Type de palier côté opposé à l'entraînement	Paliers à roulements
Type	4OM	Lubrification côté opposé à l'entraînement	Graisse
Forme de garniture mécanique	Compensé	Alésage de mesure de température	avec
Code matériau	Q2Q2VGG	Sonde de température PT 100 cté mot	Sans
Mode de fonctionnement	E Garniture mécanique simple (circulation extérieure)	Alésage de mesure de vibrations	avec
Bague d'usure	Bague d'usure	Couleur	bleu d'outremer (RAL 5002) bleu KSB
Type bague d'usure	Variante standard		

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste: 100
Date: 09/05/2021
Page: 3 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1

Entraînement, accessoires

Fabricant	Flender	Vitesse de rotation	1494 rpm
Type d'accouplement	Eupex N	Fréquence	50 Hz
Taille nominale	315	Tension nominale	400 V
Type protecteur d'accouplement	Exécution légère, non praticable (ZN79)	Puissance nominale P2	630,00 kW
Taille de protégé-accouplement	A400	Réserve disponible	23,47 %
Matériau de protégé-accouplement	Acier	Courant nominal	970,0 A
Type de socle	Pompe et moteur sur châssis commun (3E) - exécution légère	Rapport d'intensité de démarrage IA/IN	6,8
Taille de socle	OM3E17	Classe d'isolement	F suivant IEC 34-1
Caractéristiques : châssis non adapté à la manutention du groupe / sans tôle de récupération		Indice de protection moteur	IP55
Livraison : pompe, moteur et châssis séparés		Cos phi à 4/4 de charge	0,87
Étendue des éléments de montage :		Rendement du moteur à 4/4 de charge	96,4 %
- châssis pour le groupe motopompe (fourni)		Capteur temp.	6 therm. PTC
- chevilles chimiques M20x260		Pos. boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement
Type d'entraînement	Moteur électrique	Bobinage moteur	400 / 690 V
Norme d'entraînement méc.	IEC	Nombre de pôles	4
Marque moteur	Siemens	Type de couplage	triangle
Moteur fourni par	Moteur standard livré par KSB - monté par KSB	Méthode de refroidissement moteur	Ventilation extérieure
Type de construction moteur	B3	Matériau moteur	Fonte grise GG/Fonte
Taille moteur	400	Niveau de pression acoustique du moteur	74 dBa
Classe de rendement	Classe de rendement IE3 suivant IEC60034-30-1		

Matériaux GB

Remarques		Corps de palier (350.1)	Fonte grise EN-GJL-250
Critères généraux d'évaluation en présence d'une analyse de l'eau : pH >= 7 ; teneur en chlorures (Cl) <=250 mg/kg. Chlore (Cl2) <=0,6 mg/kg.		Boîte à garniture (441)	Fonte grise EN-GJL-250
Ammonium (NH4+) <= 2 mg/kg, sans acide sulfhydrique H2S ; chlore (Cl2) <=0,6 mg/kg.		GRAIN DE FOND (457.2)	Bronze ordinaire CC493K
Volute (102)	Fonte grise EN-GJL-250	Bague d'usure (502)	Bronze ordinaire CC493K
Arbre de pompe (211)	Acier au chrome 1.4021+QT800	Chemise de protection d'arbre (524.1)	GX120CRMO29-2 1.4138
Roue à double flux (234)	CC480K-GS		

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste: 100
Date: 09/05/2021
Page: 4 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1

Recettes

Contrôles suivant QCP

Norme d'essai QCP suivant ZN56555-1A
Norme de réception: sans, tolérances selon ISO 9906 classe 2

Pression d'épreuve	21,50 bar.r
Durée de réception	10,0 min
Certificat	Sans
Présence lors essais	sans client
Quantité testée sans client	1
Quantité testée avec client	0

Contrôle d'équilibrage

Classe d'équilibrage	G 6,3
Pièce	Roue
Certificat	Sans
Présence lors essais	sans client
Quantité testée sans client	1
Quantité testée avec client	0

Contrôle visuel final

Certificat	Sans
Présence lors essais	sans client
Quantité testée sans client	1
Quantité testée avec client	0

Epreuve hydrostatique à l'eau (temp. amb.)

Volume	Pompe complète avec étanchéité d'arbre
--------	--

Courbe caractéristique hydraulique

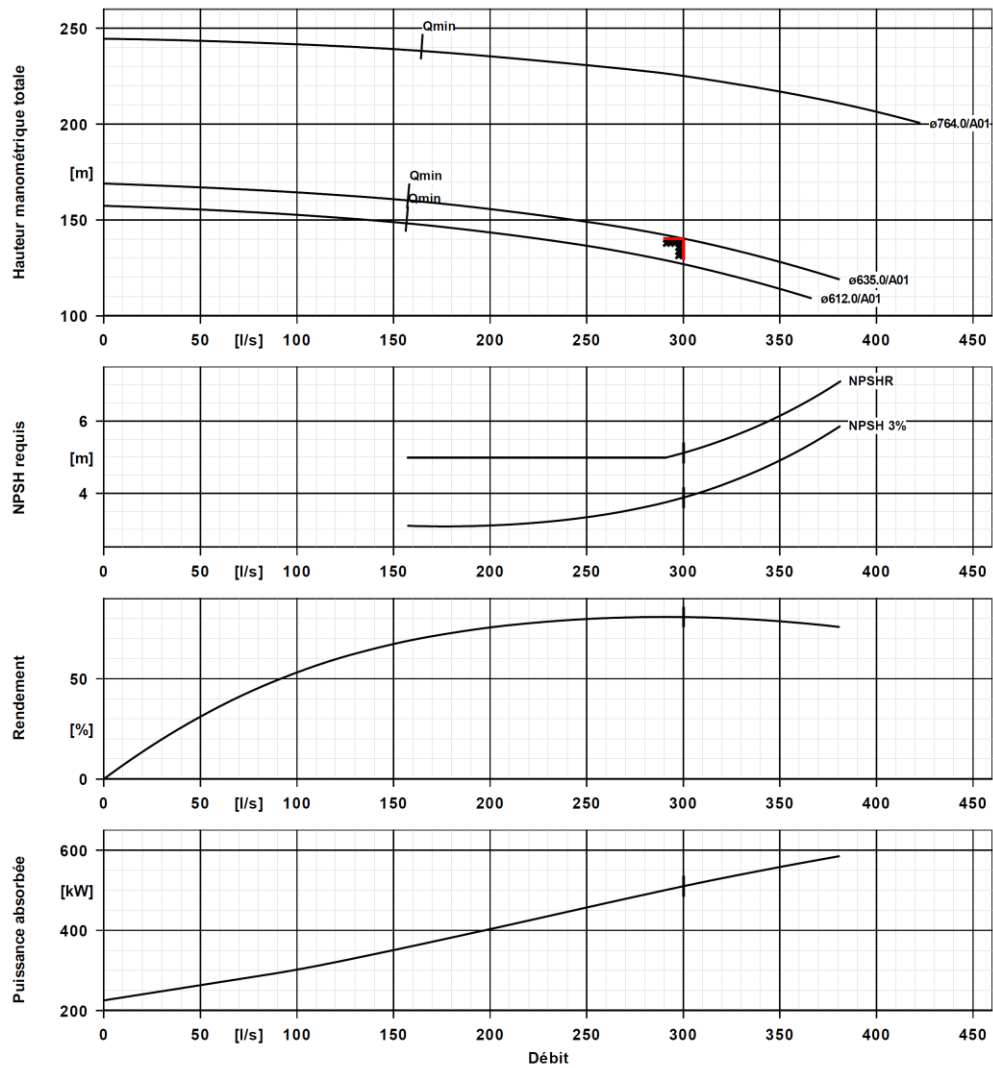


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:100
Date: 09/05/2021
Page: 5 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1



Caractéristiques de courbe

Vitesse de rotation	1493 rpm	Rendement	80,8 %
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Puissance absorbée	510,26 kW
Viscosité	1,00 mm ² /s	NPSH requis	5,12 m
Débit	300,000 l/s	NPSH req. 3%	3,88 m
Débit demandé	300,000 l/s	Numéro de courbe	K43003/0
Hauteur manométrique totale	140,28 m	Diamètre de roue effectif	635,0 mm
Hauteur manométrique totale demandée	140,28 m	Norme de réception	tolérances selon ISO 9906 classe 2B

PLAN D'INSTALLATION

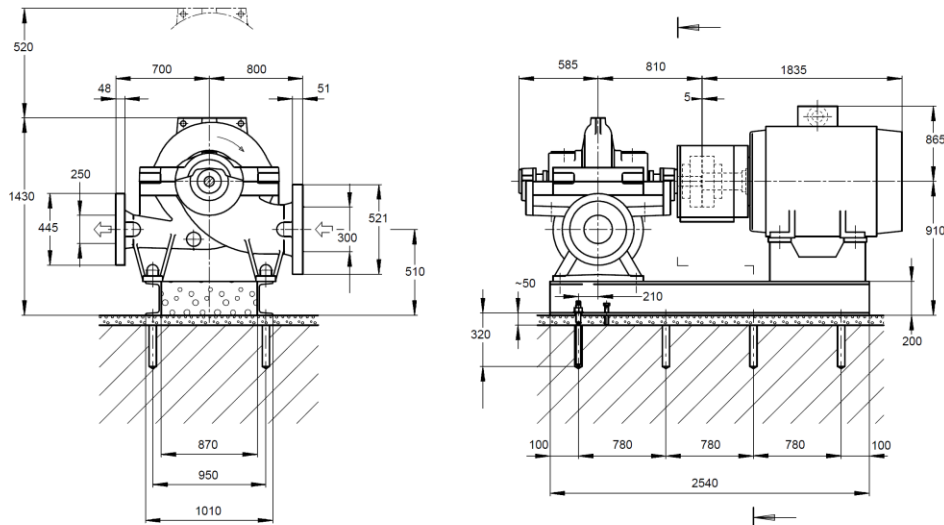


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:100
Date: 09/05/2021
Page: 6 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur

Constructeur moteur	Siemens
Taille moteur	400
Puissance moteur	630,00 kW
Nombre de pôles	4
Vitesse de rotation	1494 rpm

Raccordements

Bride d'aspiration (AS)	EN 1092-2 / DN 300 / PN 25
perçage et plan de joint suivant	21A / FF
Bride de refoulement (AD)	EN 1092-2 / DN 250 / PN 25
perçage et plan de joint suivant	21A / FF

Socle

Exécution	Pompe et moteur sur châssis commun (3E) - exécution légère
Taille	OM3E17
Matériau	S235JR
Evacuation des fuites socle (8B)	Rp1, Sans
Boulons d'ancrage	Cheilles chimiques M20x260

Accouplement

Fabricant d'accouplement	Flender
Type d'accouplement	Eupex N
Taille d'accouplement	315
Douille intermédiaire	0,0 mm

Poids net

Pompe	1900 kg
Socle	325 kg
Accouplement	63 kg
Protège-accouplement	10 kg
Moteur	3000 kg
Total	5298 kg

Raccorder les tuyauteries sans contrainte !

Remarques concernant les dimensions :
Le plan n'est pas à l'échelle.
Dimensions sans indication de tolérance : ISO 2768 CK

Pour les raccords auxiliaires, voir plan séparé.

PLAN D'INSTALLATION



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:100
Date: 09/05/2021
Page: 7 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1

Dimensions sans indication de tolérance – Hauteur d'arbre : DIN 747
Dimensions sans indication de tolérance – Pièces soudées : ISO 13920 - B/F
Dimensions sans indication de tolérance – Pièces moulées : ISO 8062-3 - DCTG 13
Dimensions sans indication de tolérance – Position des brides : ISO 8062-3 - DCTG 13
Dimensions sans indication de tolérance – Brides : selon norme de bride
Dimensions sans indication de tolérance – Rainure de clavette et clavette sur accouplement : DIN 6885 – Fiche 1
Dimensions sans indication de tolérance – Diamètre d'arbre sur accouplement : DIN 7155 - h6

Remarques générales :

Les tuyauteries doivent être raccordées sans contrainte. La pompe ne doit pas servir de point d'appui à la tuyauterie (ne pas utiliser la pompe comme point fixe pour la tuyauterie). Fixer la tuyauterie de manière à éviter la transmission de forces, de vibrations et du poids de la tuyauterie à la pompe. Respecter les restrictions concernant les forces et moments agissant sur les brides d'aspiration et de refoulement. Le raccordement de la pompe avec des manchettes anti-vibratiles sans tirant est interdit !

Sceller complètement tous les trous pour les blocs de fondation avec un béton qui ne se rétracte pas. Assurer une résistance à la compression suffisante du béton. Celui-ci doit répondre à la classe C25/30, classe d'exposition XC1 suivant EN 206-1.

Schéma de connexion

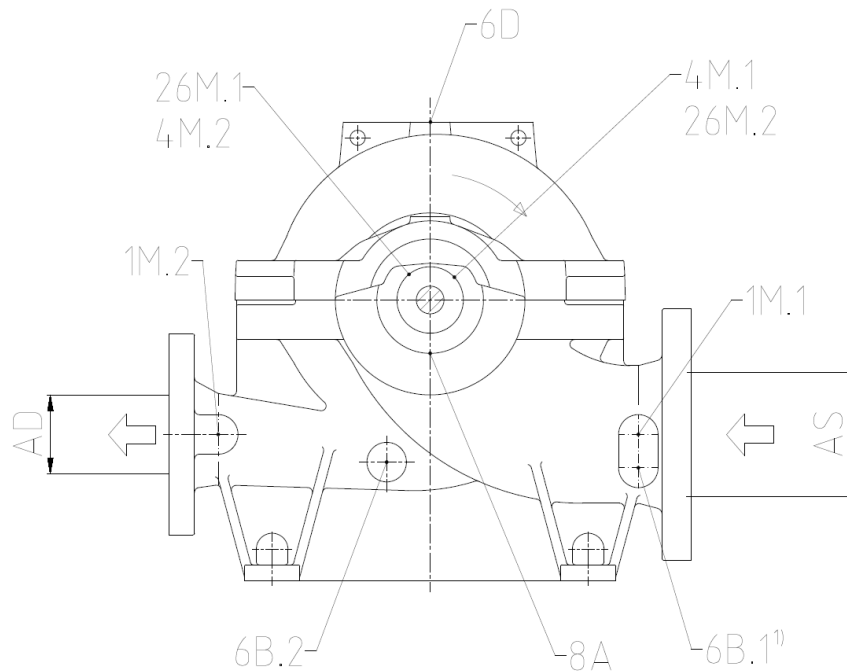


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:100
Date: 09/05/2021
Page: 8 / 8

Omega 250-800 A GB G F

No. de version: 1



Raccordements

1M.1	Prise de manomètre	G 1/2	Alésé et obturé.
1M.2	Prise de manomètre	G 1/2	Alésé et obturé.
4M.1	Raccord mesure de température (côté entraînement)	G 3/8	Alésé et obturé.
4M.2	Raccord mesure de température (côté opposé à l'entraînement)	G 3/8	Alésé et obturé.
6B.1	vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
6B.2	vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
6D	Liquide pompé - remplissage/dégazage	G 1/2	Tuyau flexible avec connecteur 4 voies et bouchon de purge
8A	Liquide de fuite - vidange	G 3/4	Alésé et obturé.
26M.1	Raccord capteur SPM (côté entraînement)	M 8	Alésé et obturé.
26M.2	Raccord capteur SPM (côté opposé à l'entraînement)	M 8	Alésé et obturé.

Annexes

Annexe 06 : Les caractéristiques techniques complètes du groupe de pompage de Mezghitane.

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste: 200
Date: 09/05/2021

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

No. de version: 1

Caractéristiques de fonctionnement

Débit demandé	100,000 l/s	Débit	100,000 l/s
Hauteur manométrique totale demandée	239,90 m	Hauteur manométrique tot.	239,92 m
Liquide pompé	Eau Eau pure Ne contenant pas de substances attaquant chimiquement ou mécaniquement les matériaux	Rendement	78,8 %
Teneur en particules max. 50 ppm		Puissance absorbée	297,89 kW
Température ambiante maximale	20,0 °C	Vitesse de rotation pompe	2990 rpm
Température ambiante minimale	20,0 °C	NPSH requis	7,41 m
Température liquide pompé	20,0 °C	Pression de service admissible	40,00 bar.r
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Pression de refoulement	23,48 bar.r
Viscosité liquide pompé	1,00 mm ² /s	Pression à débit nul	32,06 bar.r
Pression d'aspiration max.	0,00 bar.r	Débit mini adm. pour opération courte durée	23,126 l/s
Hauteur géométrique	219,00 m	Débit massique mini pour courbe stable	32,31 kg/s
Tension de vapeur	0,02 bar.a	Débit massique mini adm. pour marche continue	32,31 kg/s
Débit massique	99,80 kg/s	Débit massique min. admissible op. courte durée	23,08 kg/s
Puissance max. courbe	302,83 kW	Hauteur à débit nul	327,55 m
Débit mini. pour courbe stable	32,377 l/s	Débit max. admissible	120,257 l/s
Débit mini admissible pour marche continue	32,377 l/s	Débit massique max. admissible	120,02 kg/s
		Exécution	Pompe simple 1 x 100 % tolérances suivant ISO 9906 classe 3B ; en dessous de 10 kW suivant par. 4.4.2

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste: 200
Date: 09/05/2021

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

No. de version: 1

Exécution

Variante	A	Mode de fonctionnement	E Garniture mécanique simple (circulation extérieure)
Nombre d'étages	3	Liquide pompé sans substances solides abrasives	
Piston d'équilibrage	avec piston	Chambre de garniture	Chambre d'étanchéité standard
Exécution	Pour montage sur socle	Bague d'usure	Bague d'usure
Mode d'installation	Horizontale	Diamètre de roue	280,0 mm
Diamètre nominal tubulure d'aspiration	DN 200	Diamètre de roue minimum	274,0 mm
Pression nom. aspiration	PN 16	Diamètre de roue non réduit	305,0 mm
Position tubulure d'aspiration	axial	Section de passage	20,0 mm
Bride d'aspiration alésée selon norme	EN 1092-2	Sens de rotation vu du moteur	Sens horaire
Diamètre nom. refoulement	DN 125	Type de palier	Standard (normal)
Pression nom. refoulement	PN 40	Taille lanterne de palier	125
Position tubulure de refoulement	Sélectionner, svp.	Joint de palier	Défecteur
	vu de l'entraînement	Type de palier	Paliers à roulements
Bride de refoulement alésée selon norme	EN 1092-2	Type de lubrification côté entraînement	Graisse
Étanchéité d'arbre	GM à simple effet	Type de palier (côté pompe)	Palier lisse
Fabricant	KSB	Type de lubrification (côté pompe)	Lubrifié par le liquide
Type	5B	Sonde de température PT	Sans
Code matériau	BQ1EGG	100 cté mot	
Code	167	Couleur	bleu d'outremer (RAL 5002) bleu KSB

Entraînement, accessoires

Fabricant	Flender	Fréquence	50 Hz
Type d'accouplement	Eupex NH	Tension nominale	400 V
Taille nominale	200	Puissance nominale P2	355,00 kW
Longueur douille intermed.	180,0 mm	Réserve disponible	19,17 %
Type protecteur d'accouplement	Exécution légère, non praticable (ZN79)	Courant nominal	600,0 A
Taille de protège-accouplement	H254	Rapport d'intensité de démarrage IA/IN	8,9
Matériau de protège-accouplement	Acier galvanisé ST TZN	Classe d'isolement	F suivant IEC 34-1
Type de socle	Châssis en acier pour Multitec	Indice de protection moteur	IP55
Taille de socle	GP36	Cos phi à 4/4 de charge	0,89
Type d'entraînement	Moteur électrique	Rendement du moteur à 4/4 de charge	95,8 %
Norme d'entraînement méc.	IEC	Capteur temp.	3 therm. PTC
Marque moteur	Siemens	Pos. boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement
Moteur fourni par	Moteur standard livré par KSB - monté par KSB	Bobinage moteur	400 / 690 V
Type de construction moteur	B3	Nombre de pôles	2
Taille moteur	355M	Type de couplage	triangle
Classe de rendement	Classe de rendement IE3 suivant IEC60034-30-1	Méthode de refroidissement moteur	Ventilation extérieure
Vitesse de rotation	2990 rpm	Matériau moteur	Fonte grise GG/Fonte
		Niveau de pression acoustique du moteur	84 dBa

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste: 200
Date: 09/05/2021

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

No. de version: 1

Matériaux 10

Remarques			
Critères généraux d'évaluation en présence d'une analyse de l'eau : pH \geq 7 ; teneur en chlorures (Cl) \leq 250 mg/kg. Chlore (Cl2) \leq 0,6 mg/kg.			
Corps d'aspiration (106)	Fonte grise EN-GJL-250	Porte-coussinet (381)	Céramique SSiC
Corps de refoulement (107)	Fonte grise EN-GJL-250	Joint torique (412)	EPDM 80
Corps d'étage (108)	Fonte grise EN-GJL-250	Boîte à garniture (441)	Fonte grise EN-GJL-250
Diffuseur (171)	Fonte grise EN-GJL-250	Bague d'usure (502.1)	Fonte grise EN-GJL-250
Arbre (210)	Acier de traitement C45+N	Bague d'usure (502.2)	Fonte grise EN-GJL-250
Roue (230)	Fonte grise EN-GJL-250	Chemise d'arbre (523)	Acier au chrome 1.4057+QT800
Roue aspiratrice (231)	Fonte grise EN-GJL-250	Chemise d'arbre sous coussinet (529)	Céramique SSiC
Corps de palier (350)	Fonte grise EN-GJL-250	Douille (540)	Fonte grise EN-GJL-250
		Piston (59-4)	Acier au chrome 1.4021QT700+SR
		Tirant (905)	42CrMo4

Annexes

Courbe caractéristique hydraulique

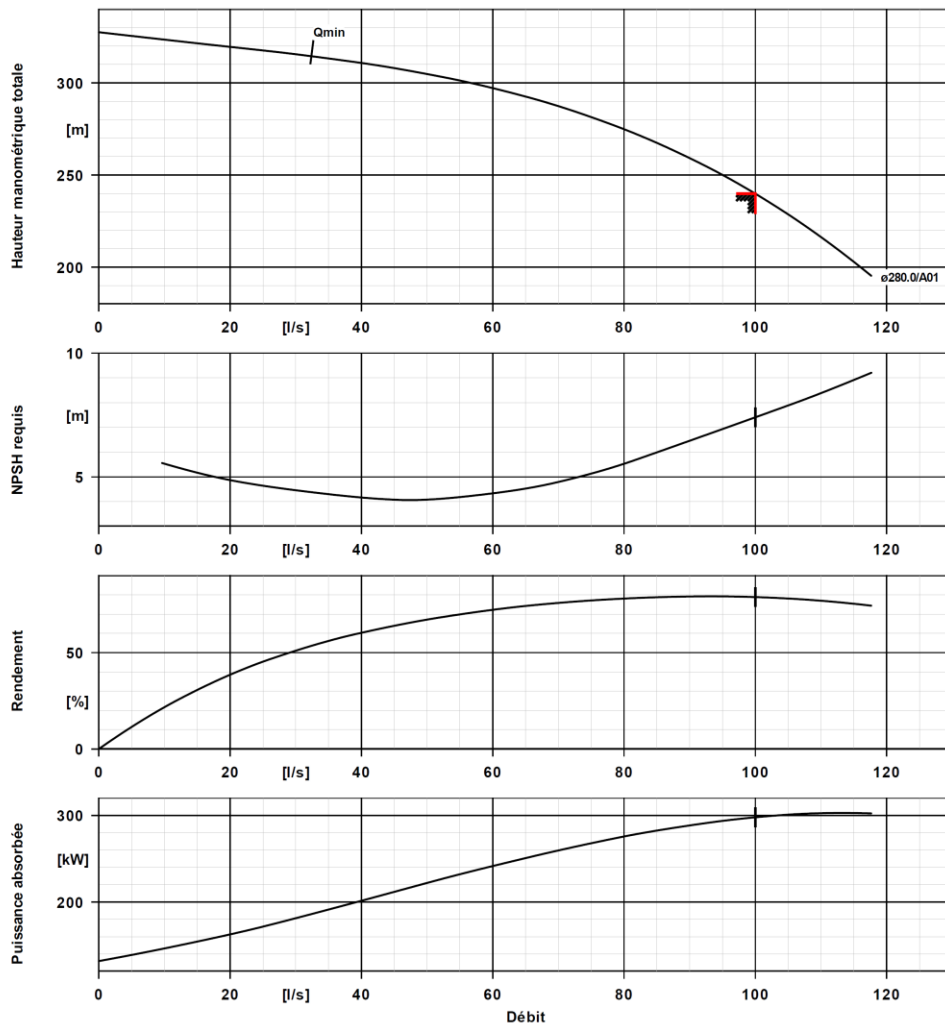


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:200
Date: 09/05/2021

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

No. de version: 1



Caractéristiques de courbe

Vitesse de rotation	2990 rpm	Rendement	78,8 %
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Puissance absorbée	297,89 kW
Viscosité	1,00 mm ² /s	NPSH requis	7,41 m
Débit	100,000 l/s	Numéro de courbe	1777.407521/10 GG
Débit demandé	100,000 l/s	Diamètre de roue	280,0 mm
Hauteur manométrique totale	239,92 m	Norme de réception	tolérances suivant ISO 9906 classe 3B ; en dessous de 10 kW suivant par. 4.4.2
Hauteur manométrique totale demandée	239,90 m		

PLAN D'INSTALLATION

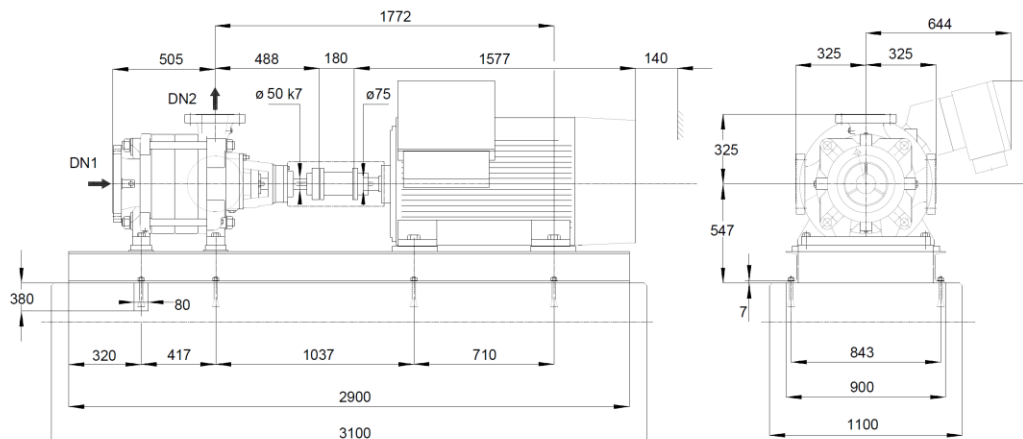


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:200
Date: 09/05/2021

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

No. de version: 1



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur

Constructeur moteur	Siemens
Taille moteur	355M
Puissance moteur	355,00 kW
Nombre de pôles	2
Vitesse de rotation	2990 rpm
Position de la boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement

Socle

Exécution	Châssis en acier pour Multitec
Taille	GP36
Evacuation des fuites socle (8B)	Rp1, Sans
Boulons d'ancrage	M20x320 (nécessaire, non compris dans la fourniture)

Raccordements

Diamètre nominal aspiration	DN 200 / EN 1092-2
DN1	
Refoulement DN2	DN 125 / EN 1092-2
Pression nominale asp.	PN 16
Pression nominale refoul.	PN 40

Accouplement

Fabricant d'accouplement	Flender
Type d'accouplement	Eupex NH
Taille d'accouplement	200
Douille intermédiaire	180,0 mm

Poids net

Pompe	430 kg
Socle	368 kg
Accouplement	30 kg
Protège-accouplement	3 kg
Moteur	2100 kg
Total	2931 kg

Raccorder les tuyauteries sans contrainte !

Tolérances dimensionnelles pour hauteur d'axe :	DIN 747
Dimensions sans tolérances, tolérances moyennes suivant :	ISO 2768-m
Cotes de raccordement pour pompes :	EN735
Dimensions sans tolérances - pièces soudées :	ISO 13920-B
Dimensions sans tolérances - pièces en fonte grise :	ISO 8062-CT9

Pour les raccords auxiliaires, voir plan séparé.

Schéma de connexion

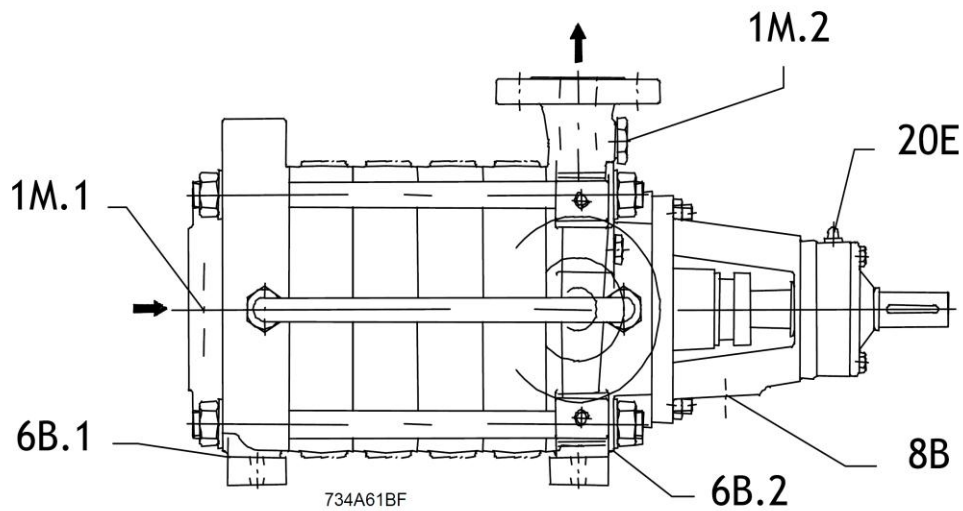


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001150236
Poste:200
Date: 09/05/2021

Multitec A 125/ 3-10.1 10.167

No. de version: 1



Raccordements

1M.1 Prise de manomètre	G 1/2	Capteur de pression pour PumpMeter monté
1M.2 Prise de manomètre	G 1/2	Capteur de pression pour PumpMeter monté
6B.1 vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
6B.2 vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
8B Liquide de fuite - vidange	Rp 3/8	Alésé
20E Graisseur		monté en usine

Annexes

Annexe 07 : Les caractéristiques techniques complètes du groupe de pompage d'EL-Aouana.

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste: 100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1

Caractéristiques de fonctionnement

Débit demandé	40,000 l/s	Débit	40,000 l/s
Hauteur manométrique totale demandée	166,52 m	Hauteur manométrique tot.	166,60 m
Liquide pompé	Eau Eau pure Ne contenant pas de substances attaquant chimiquement ou mécaniquement les matériaux	Rendement	76,1 %
Teneur en particules max. 50 ppm		Puissance absorbée	85,74 kW
Température ambiante maximale	20,0 °C	Vitesse de rotation pompe	1490 rpm
Température ambiante minimale	20,0 °C	NPSH requis	1,69 m
Température liquide pompé	20,0 °C	Pression de service admissible	40,00 bar.r
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Pression de refoulement	16,31 bar.r
Viscosité liquide pompé	1,00 mm ² /s		
Pression d'aspiration max.	0,00 bar.r	Pression à débit nul	18,83 bar.r
Hauteur géométrique	140,00 m	Débit mini adm. pour opération courte durée	12,309 l/s
Tension de vapeur	0,02 bar.a	Débit massique mini pour courbe stable	17,20 kg/s
Débit massique	39,92 kg/s	Débit massique mini adm. pour marche continue	17,20 kg/s
Puissance max. courbe	103,30 kW	Débit massique min. admissible op. courte durée	12,28 kg/s
Débit mini. pour courbe stable	17,232 l/s	Hauteur à débit nul	192,40 m
Débit mini admissible pour marche continue	17,232 l/s	Débit max. admissible	64,005 l/s
		Débit massique max. admissible	63,88 kg/s
		Exécution	Pompe simple 1 x 100 % tolérances suivant ISO 9906 classe 3B ; en dessous de 10 kW suivant par. 4.4.2

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste: 100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1

Exécution

Variante	A	Mode de fonctionnement	E Garniture mécanique simple (circulation extérieure)
Nombre d'étages	6	Liquide pompé sans substances solides abrasives	
Piston d'équilibrage	avec piston	Chambre de garniture	Chambre d'étanchéité standard
Exécution	Pour montage sur socle	Bague d'usure	Bague d'usure
Mode d'installation	Horizontale	Diamètre de roue	296,0 mm
Diamètre nominal tubulure d'aspiration	DN 200	Diamètre de roue minimum	274,0 mm
Pression nom. aspiration	PN 16	Diamètre de roue non réduit	305,0 mm
Position tubulure d'aspiration	axial	Section de passage	20,0 mm
Bride d'aspiration alésée selon norme	EN 1092-2	Sens de rotation vu du moteur	Sens horaire
Diamètre nom. refoulement	DN 125	Type de palier	Standard (normal)
Pression nom. refoulement	PN 40	Taille lanterne de palier	125
Position tubulure de refoulement	Sélectionner, svp.	Joint de palier	Défecteur
	vu de l'entraînement	Type de palier	Paliers à roulements
Bride de refoulement alésée selon norme	EN 1092-2	Type de lubrification côté entraînement	Graisse
Étanchéité d'arbre	GM à simple effet	Type de palier (côté pompe)	Palier lisse
Fabricant	KSB	Type de lubrification (côté pompe)	Lubrifié par le liquide
Type	5B	Sonde de température PT	Sans
Code matériau	BQ1EGG	100 cté mot	
Code	167	Couleur	bleu d'outremer (RAL 5002) bleu KSB

Entraînement, accessoires

Fabricant	Flender	Tension nominale	400 V
Type d'accouplement	Eupex N	Puissance nominale P2	110,00 kW
Taille nominale	200	Réserve disponible	28,29 %
Type protecteur d'accouplement	Exécution légère, non praticable (ZN79)	Courant nominal	202,8 A
Taille de protège-accouplement	H254	Rapport d'intensité de démarrage IA/IN	7,8
Matériau de protège-accouplement	Acier galvanisé ST TZN	Classe d'isolement	F suivant IEC 34-1
Type de socle	Châssis en acier pour Multitec	Indice de protection moteur	IP55
Taille de socle	GP13	Cos phi à 4/4 de charge	0,86
Type d'entraînement	Moteur électrique	Rendement du moteur à 4/4 de charge	95,4 %
Norme d'entraînement méc.	IEC	Capteur temp.	3 therm. PTC
Marque moteur	KSB-Moteur	Pos. boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement
Moteur fourni par	Moteur standard livré par KSB - monté par KSB	Bobinage moteur	400 / 690 V
Type de construction moteur	B3	Nombre de pôles	4
Taille moteur	315S	Type de couplage	triangle
Classe de rendement	Classe de rendement IE3 suivant IEC60034-30-1	Méthode de refroidissement moteur	Ventilation extérieure
Vitesse de rotation	1490 rpm	Matériau moteur	Fonte grise GG/Fonte
Fréquence	50 Hz	Niveau de pression acoustique du moteur	75 dBa

Les caractéristiques moteur peuvent s'écarter de celles indiquées sur la plaque signalétique. Les caractéristiques moteur décrivent la spécification fonctionnelle sélectionnée par KSB et sont utilisées pour la sélection de la pompe.

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste: 100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1

Matériaux 10

Remarques			
Critères généraux d'évaluation en présence d'une analyse de l'eau : pH >= 7 ; teneur en chlorures (Cl) <=250 mg/kg. Chlore (Cl2) <=0,6 mg/kg.			
Corps d'aspiration (106)	Fonte grise EN-GJL-250	Porte-coussinet (381)	Céramique SSiC
Corps de refoulement (107)	Fonte grise EN-GJL-250	Joint torique (412)	EPDM 80
Corps d'etage (108)	Fonte grise EN-GJL-250	Boîte à garniture (441)	Fonte grise EN-GJL-250
Diffuseur (171)	Fonte grise EN-GJL-250	Bague d'usure (502.1)	Fonte grise EN-GJL-250
Arbre (210)	Acier de traitement C45+N	Bague d'usure (502.2)	Fonte grise EN-GJL-250
Roue (230)	Fonte grise EN-GJL-250	Chemise d'arbre (523)	Acier au chrome
Roue aspiratrice (231)	Fonte grise EN-GJL-250	Chemise d'arbre sous coussinet (529)	1.4057+QT800
Corps de palier (350)	Fonte grise EN-GJL-250	Douille (540)	Céramique SSiC
		Piston (59-4)	Fonte grise EN-GJL-250
		Tirant (905)	Acier au chrome
			1.4021QT700+SR
			42CrMo4

Courbe caractéristique hydraulique

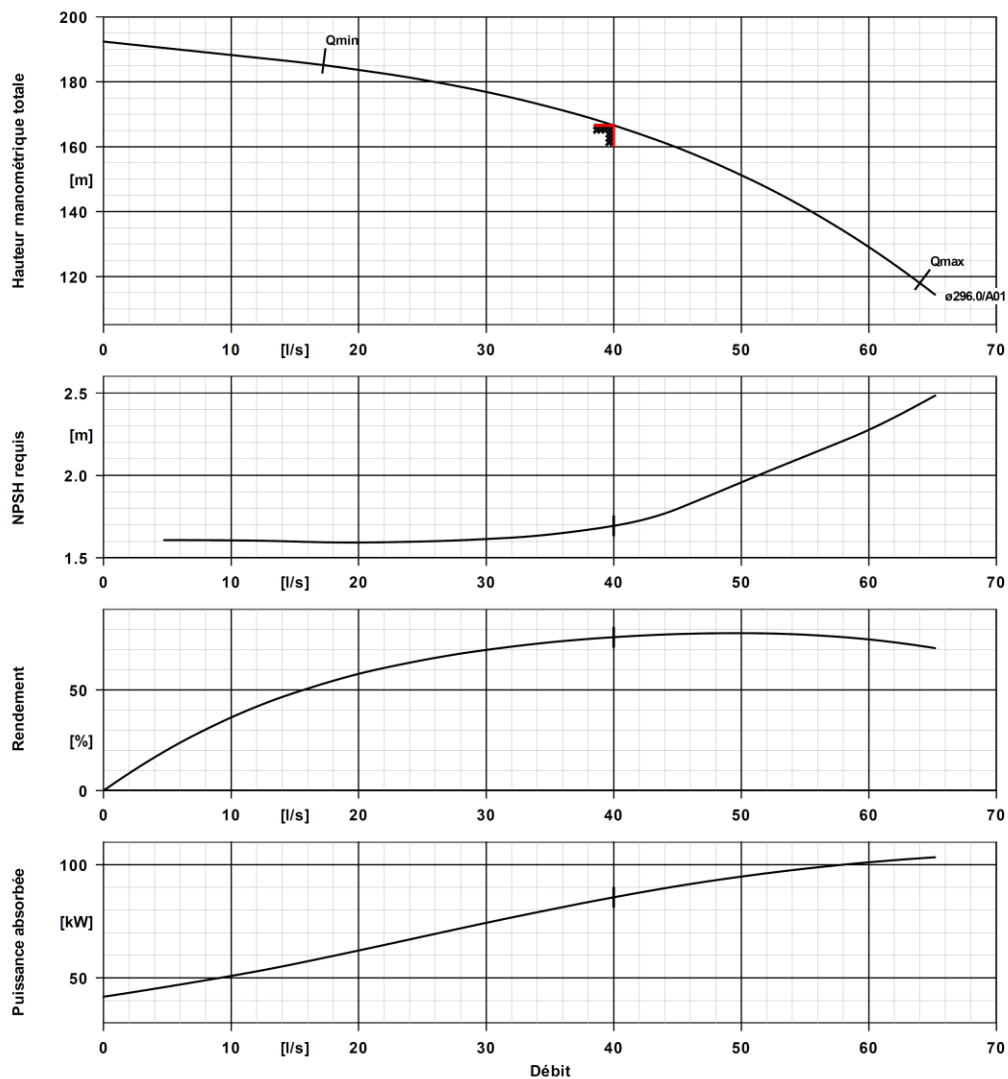


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste:100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1



Caractéristiques de courbe

Vitesse de rotation	1490 rpm	Rendement	76,1 %
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Puissance absorbée	85,74 kW
Viscosité	1,00 mm ² /s	NPSH requis	1,69 m
Débit	40,000 l/s	Numéro de courbe	1777.407541/10 GG
Débit demandé	40,000 l/s	Diamètre de roue	296,0 mm
Hauteur manométrique totale	166,60 m	Norme de réception	tolérances suivant ISO 9906 classe 3B ; en dessous de 10 kW suivant par. 4.4.2
Hauteur manométrique totale demandée	166,52 m		

PLAN D'INSTALLATION

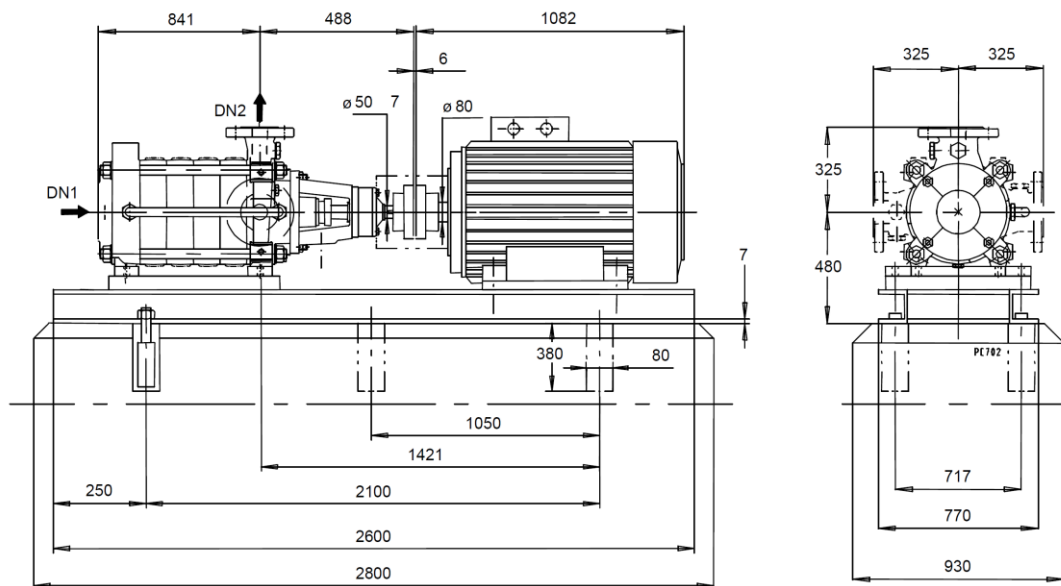


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste:100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur

Constructeur moteur	KSB-Moteur
Taille moteur	315S
Puissance moteur	110,00 kW
Nombre de pôles	4
Vitesse de rotation	1490 rpm
Position de la boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement

Raccordements

Diamètre nominal aspiration	DN 200 / EN 1092-2
DN1	
Refoulement DN2	DN 125 / EN 1092-2
Pression nominale asp.	PN 16
Pression nominale refoul.	PN 40

Socle

Exécution	Châssis en acier pour Multitec
Taille	GP13
Evacuation des fuites socle (8B)	Rp1, Sans
Boulons d'ancrage	M20x320 (nécessaire, non compris dans la fourniture)

Accouplement

Fabricant d'accouplement	Flender
Type d'accouplement	Eupex N
Taille d'accouplement	200
Douille intermédiaire	0,0 mm

Poids net

Pompe	700 kg
Socle	286 kg
Accouplement	20 kg
Protège-accouplement	3 kg
Moteur	1010 kg
Total	2019 kg

Raccorder les tuyauteries sans contrainte !

Tolérances dimensionnelles pour hauteur d'axe :	DIN 747
Dimensions sans tolérances, tolérances moyennes suivant :	ISO 2768-m
Cotes de raccordement pour pompes :	EN735

Pour les raccords auxiliaires, voir plan séparé.

PLAN D'INSTALLATION



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste:100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1

Dimensions sans tolérances - pièces soudées : ISO 13920-B
Dimensions sans tolérances - pièces en fonte grise : ISO 8062-CT9

Schéma de connexion

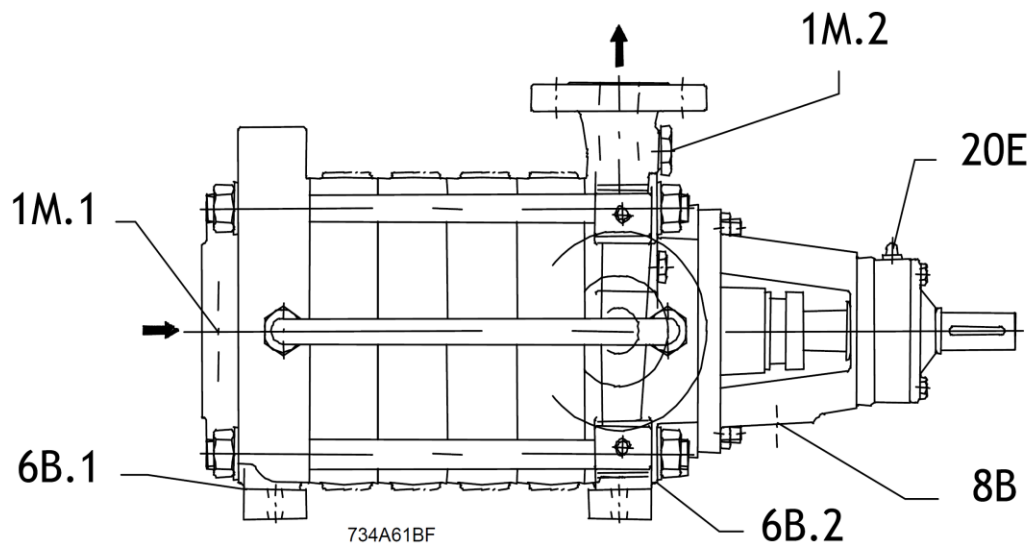


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001151274
Poste:100
Date: 10/05/2021

Multitec A 125/ 6-10.1 10.167

No. de version: 1



Raccordements

1M.1 Prise de manomètre	G 1/2	Capteur de pression pour PumpMeter monté
1M.2 Prise de manomètre	G 1/2	Capteur de pression pour PumpMeter monté
6B.1 vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
6B.2 vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
8B Liquide de fuite - vidange	Rp 3/8	Alésé
20E Graisseur		monté en usine

Annexe 08 : Les caractéristiques techniques complètes du groupe de pompage de Timizert.

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste: 200
Date: 19/05/2021
Page: 1 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1

Caractéristiques de fonctionnement

Débit demandé	20,000 l/s	Débit	20,000 l/s
Hauteur manométrique totale demandée	88,75 m	Hauteur manométrique tot.	88,78 m
Liquide pompé	Eau Eau pure Ne contenant pas de substances attaquant chimiquement ou mécaniquement les matériaux	Rendement	75,2 %
Teneur en particules max. 50 ppm		Puissance absorbée	23,11 kW
Température ambiante maximale	20,0 °C	Vitesse de rotation pompe	1477 rpm
Température ambiante minimale	20,0 °C	NPSH requis	2,88 m
Température liquide pompé	20,0 °C	Pression de service admissible	40,00 bar.r
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Pression de refoulement	8,69 bar.r
Viscosité liquide pompé	1,00 mm ² /s	Pression à débit nul	12,09 bar.r
Pression d'aspiration max.	0,00 bar.r	Débit mini adm. pour opération courte durée	4,269 l/s
Hauteur géométrique	78,00 m	Débit massique mini pour courbe stable	5,96 kg/s
Tension de vapeur	0,02 bar.a	Débit massique mini adm. pour marche continue	5,96 kg/s
Débit massique	19,96 kg/s	Débit massique min. admissible op. courte durée	4,26 kg/s
Puissance max. courbe	24,11 kW	Hauteur à débit nul	123,56 m
Débit mini. pour courbe stable	5,976 l/s	Débit max. admissible	22,198 l/s
Débit mini admissible pour marche continue	5,976 l/s	Débit massique max. admissible	22,15 kg/s
		Exécution	Pompe simple 1 x 100 % tolérances suivant ISO 9906 classe 3B ; en dessous de 10 kW suivant par. 4.4.2

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste: 200
Date: 19/05/2021
Page: 2 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1

Exécution

Variante	A	Mode de fonctionnement	E Garniture mécanique simple (circulation extérieure)
Nombre d'étages	6	Liquide pompé sans substances solides abrasives	
Piston d'équilibrage	Sans	Chambre de garniture	Chambre d'étanchéité standard
Exécution	Pour montage sur socle	Bague d'usure	Bague d'usure
Mode d'installation	Horizontale	Diamètre de roue	235,0 mm
Diamètre nominal tubulure d'aspiration	DN 150	Diamètre de roue minimum	217,0 mm
Pression nom. aspiration	PN 16	Diamètre de roue non réduit	241,0 mm
Position tubulure d'aspiration	axial	Section de passage	14,0 mm
Bride d'aspiration alésée selon norme	EN 1092-2	Sens de rotation vu du moteur	Sens horaire
Diamètre nom. refoulement	DN 100	Type de palier	Standard (normal)
Pression nom. refoulement	PN 40	Taille lanterne de palier	100
Position tubulure de refoulement	Sélectionner, svp.	Joint de palier	Défecteur
Bride de refoulement alésée selon norme	vu de l'entraînement EN 1092-2	Type de palier	Paliers à roulements
Étanchéité d'arbre	GM à simple effet	Type de lubrification côté entraînement	Graisse
Fabricant	KSB	Type de palier (côté pompe)	Palier lisse
Type	5B	Type de lubrification (côté pompe)	Lubrifié par le liquide
Code matériau	BQ1EGG	Sonde de température PT	Sans
Code	167	100 cté mot	
		Couleur	bleu d'outremer (RAL 5002) bleu KSB

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste: 200
Date: 19/05/2021
Page: 3 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1

Entraînement, accessoires

Fabricant	Flender	Tension nominale	400 V
Type d'accouplement	Eupex N	Puissance nominale P2	30,00 kW
Taille nominale	125	Réserve disponible	29,79 %
Type protecteur d'accouplement	Exécution légère, non praticable (ZN79)	Courant nominal	59,2 A
Taille de protège-accouplement	B189	Rapport d'intensité de démarrage IA/IN	7,7
Matériau de protège-accouplement	Acier galvanisé ST TZN	Classe d'isolement	F suivant IEC 34-1
Type de socle	Châssis en acier pour Multitec	Indice de protection moteur	IP55
Taille de socle	GP9	Cos phi à 4/4 de charge	0,83
Type d'entraînement	Moteur électrique	Rendement du moteur à 4/4 de charge	93,6 %
Norme d'entraînement méc.	IEC	Capteur temp.	3 therm. PTC
Marque moteur	KSB-Moteur	Pos. boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement
Moteur fourni par	Moteur standard livré par KSB - monté par KSB	Bobinage moteur	400 / 690 V
Type de construction moteur	B3	Nombre de pôles	4
Taille moteur	200L	Type de couplage	triangle
Classe de rendement	Classe de rendement IE3 suivant IEC60034-30-1	Méthode de refroidissement moteur	Ventilation extérieure
Vitesse de rotation	1477 rpm	Matériau moteur	Aluminium
Fréquence	50 Hz	Fonctionn. variateur admis	adapté au fonctionnement avec variateur
		Niveau de pression acoustique du moteur	70 dBa

Les caractéristiques moteur peuvent s'écarter de celles indiquées sur la plaque signalétique. Les caractéristiques moteur décrivent la spécification fonctionnelle sélectionnée par KSB et sont utilisées pour la sélection de la pompe.

Matériaux 10

Remarques		Porte-coussinet (381)	Céramique SSiC
Critères généraux d'évaluation en présence d'une analyse de l'eau : pH >= 7 ; teneur en chlorures (Cl) <=250 mg/kg. Chlore (Cl2) <=0,6 mg/kg.		Joint torique (412)	EPDM 80
Corps d'aspiration (106)	Fonte grise EN-GJL-250	Boîte à garniture (441)	Fonte grise EN-GJL-250
Corps de refoulement (107)	Fonte grise EN-GJL-250	Bague d'usure (502.1)	Fonte grise EN-GJL-250
Corps d'étage (108)	Fonte grise EN-GJL-250	Chemise d'arbre (523)	Acier au chrome 1.4057+QT800
Arbre (210)	Acier de traitement C45+N	Douille entretoise (525.04)	Acier CrNiMo 1.4571
Roue (230)	Fonte grise EN-GJL-250	Chemise d'arbre sous coussinet (529)	Céramique SSiC
Roue aspiratrice (231)	Fonte grise EN-GJL-250	Disque (550.1)	Acier CrNi 1.4301
Corps de palier (350)	Fonte grise EN-GJL-250	Tirant (905)	42CrMo4

Feuilles de données



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste: 210
Date: 19/05/2021
Page: 4 / 8

PumpMeter

Capteur de pression intelligent PumpMeter - avec affichage local du point de fonctionnement

No. de version: 1

Description générale :

PumpMeter est un capteur de pression intelligent avec affichage local des valeurs de mesure et des caractéristiques de fonctionnement de la pompe, complètement monté en usine et paramétré en fonction de votre pompe individuelle. Après le raccordement du PumpMeter au moyen d'un connecteur M12, il est immédiatement opérationnel. Le PumpMeter enregistre le profil de charge de la pompe en fonctionnement pour signaler les potentiels d'optimisation éventuels en termes d'augmentation de l'efficacité énergétique et de disponibilité de votre système de pompage.

Module d'affichage :

Module d'affichage avec écran rétro-éclairé pour l'affichage local des valeurs de mesure et paramètres de fonctionnement de la pompe, symboles intuitifs et internationalement compréhensibles, affichage orientable par angle de 90°.

Valeurs d'affichage :

pression d'aspiration, pression à l'aspiration de la pompe en bar, pression relative
pression de refoulement, pression à la sortie de la pompe en bar, pression relative
pression différentielle entre l'aspiration et le refoulement de la pompe en bar
affichage qualitatif du point de fonctionnement

Raccordement du module d'affichage par connecteur M12 x 1, 5 pôles, pour l'alimentation électrique et l'exploitation d'interfaces de communication. Mise à disposition de la pression de refoulement mesurée ou de la pression différentielle calculée de la pompe (au choix) via une sortie analogique 4 ... 20 mA ou une interface série utilisable alternativement RS 485, Modbus RTU.

Communication par interface Service RS232 pour le paramétrage.
Paramétrage en usine en fonction de la pompe individuelle.

Capteurs :

Deux transmetteurs de pression relative, montés en usine à l'aspiration et au refoulement de la pompe et raccordés par connecteur au module d'analyse.

Précision de mesure (total des erreurs par rapport à la plage de mesure) :

±1% pour température de fluide -10 ... 100 °C
±2.5% pour température de fluide -30 ... -10 °C et 100...140 °C

Matériau de la cellule de mesure : acier inox (sans joint)

Plages de mesure disponibles :

-1 ...10 bar (pression relative)

-1 ...25 bar (pression relative)

Conditions ambiantes :

Classe de protection : IP 65

Température ambiante :
-30°C ... 80°C (transport, stockage)
-10°C ... 60°C (service)

Température du fluide : -30°C ... 140°C

Résistance du matériau :

Résistant aux rayons ultraviolets (installation extérieure possible)
Résistant à la plupart des détergents courants
Résistant au brouillard d'huile

Sans silicone :
Exempt de substances altérant l'adhérence de la peinture

Caractéristiques électriques :

Tension :
24V DC ± 10%, 140 mA min.
Interfaces utilisables alternativement :
4 ... 20 mA, 3 conducteurs (pression de refoulement ou pression différentielle)
RS485, Modbus RTU (esclave)
Interface Service : RS232
Compatibilité électromagnétique :
EN 61326-1 (immunité aux perturbations : industrie, émission de perturbations : environnements résidentiels)

Courbe caractéristique hydraulique

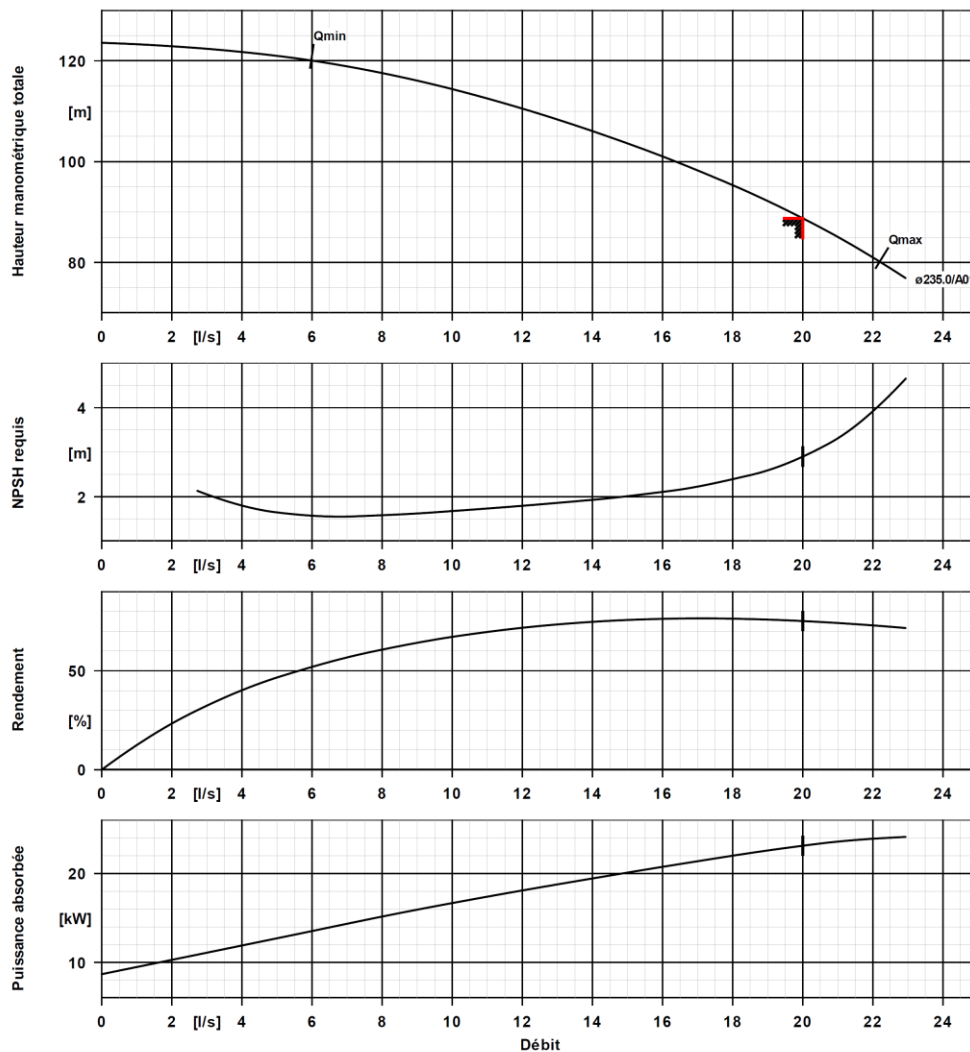


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste:200
Date: 19/05/2021
Page: 5 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1



Caractéristiques de courbe

Vitesse de rotation	1477 rpm	Rendement	75,2 %
Densité liquide pompé	998 kg/m ³	Puissance absorbée	23,11 kW
Viscosité	1,00 mm ² /s	NPSH requis	2,88 m
Débit	20,000 l/s	Numéro de courbe	1777.407541/06 GG
Débit demandé	20,000 l/s	Diamètre de roue	235,0 mm
Hauteur manométrique totale	88,78 m	Norme de réception	tolérances suivant ISO 9906 classe 3B ; en dessous de 10 kW suivant par. 4.4.2
Hauteur manométrique totale demandée	88,75 m		

PLAN D'INSTALLATION

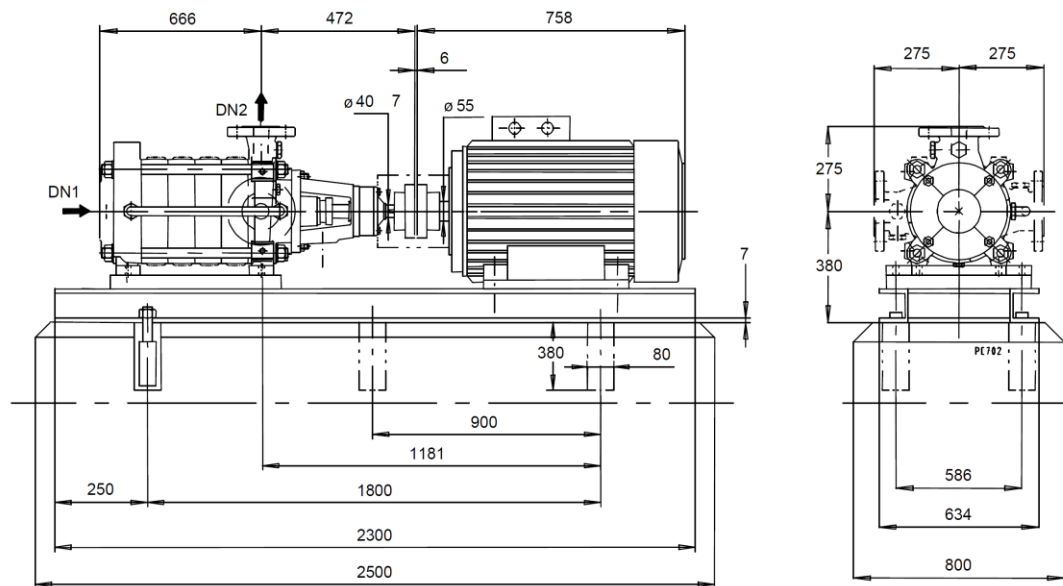


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste:200
Date: 19/05/2021
Page: 6 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur

Constructeur moteur	KSB-Moteur
Taille moteur	200L
Puissance moteur	30,00 kW
Nombre de pôles	4
Vitesse de rotation	1477 rpm
Position de la boîte à bornes	0°/360° (en haut) vu de l'entraînement

Raccordements

Diamètre nominal aspiration	DN 150 / EN 1092-2
DN1	
Refoulement DN2	DN 100 / EN 1092-2
Pression nominale asp.	PN 16
Pression nominale refoul.	PN 40

SoCLE

Exécution	Châssis en acier pour Multitec
Taille	GP9
Evacuation des fuites socle (8B)	Rp1, Sans
Boulons d'ancrage	M20x320 (nécessaire, non compris dans la fourniture)

Accouplement

Fabricant d'accouplement	Flender
Type d'accouplement	Eupex N
Taille d'accouplement	125
Douille intermédiaire	0,0 mm

Poids net

Pompe	338 kg
Socle	180 kg
Accouplement	6 kg
Protège-accouplement	2 kg
Moteur	240 kg
Total	766 kg

Raccorder les tuyauteries sans contrainte !

Tolérances dimensionnelles pour hauteur d'axe :	DIN 747
Dimensions sans tolérances, tolérances moyennes suivant :	ISO 2768-m
Cotes de raccordement pour pompes :	EN735

Pour les raccords auxiliaires, voir plan séparé.

PLAN D'INSTALLATION



N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste:200
Date: 19/05/2021
Page: 7 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1

Dimensions sans tolérances - pièces soudées : ISO 13920-B
Dimensions sans tolérances - pièces en fonte grise : ISO 8062-CT9

Schéma de connexion

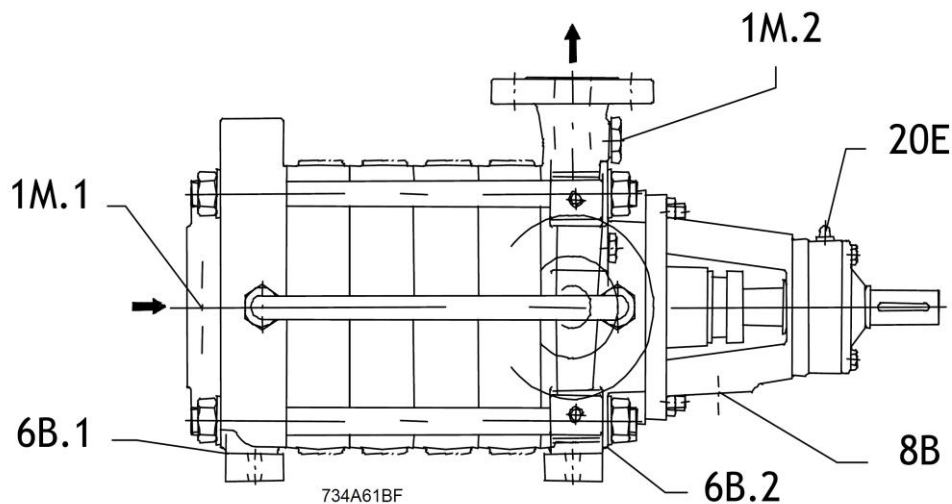


N° de poste client:
Date de communication:
Nr de doc.: Quick quote
Quantité: 1

Numéro: ES 8001168938
Poste:200
Date: 19/05/2021
Page: 8 / 8

Multitec A 100/ 6-7.1 10.167

No. de version: 1



Raccordements

1M.1 Prise de manomètre	G 1/2	Capteur de pression pour PumpMeter monté
1M.2 Prise de manomètre	G 1/2	Capteur de pression pour PumpMeter monté
6B.1 vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
6B.2 vidange liquide pompé	G 1/2	Alésé et obturé.
8B Liquide de fuite - vidange	Rp 3/8	Alésé
20E Graisseur		monté en usine

Annexes

Annexe 09 : Le coefficient K dépendant du matériau de la conduite, source (MOREL, M.1994).

Matériau	K	Matériau	K
Fer	0.5	Aimante ciment	4
Acier	0.5	Pvc	33
Fonte grise	1	PEHD	83
Fonte ductile	0.59	PEBD	500
Béton	5		

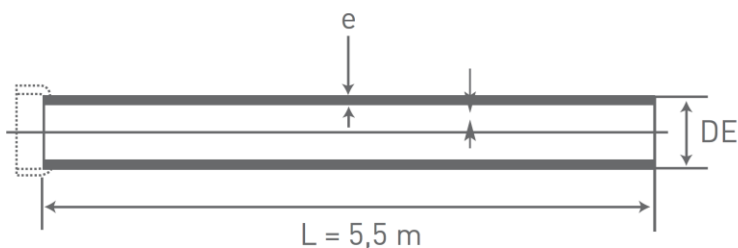
Annexes

Annexe 10 : L'épaisseur (e) selon le diamètre de la canalisation.



TUYAUX FONTE DUCTILE - AEP

EN 545
ISO 2531



DN	Diamètre extérieur DE		Épaisseur fonte classes «C» équivalentes à K9		Épaisseur fonte classes «C» préférentielles	
	Nominal (mm)	Tolérance (mm)	Minimale (mm)	N° de classe	Minimale (mm)	N° de classe
80	98	+1 - 2,7	4,7	C 100	3,0	C 40
100	118	+1 - 2,8	4,7	C 100	3,0	C 40
125	144	+1 - 2,8	4,7	C 100	3,0	C 40
150	170	+1 - 2,9	4,5	C 64	3,0	C 40
200	222	+1 - 3,0	4,8	C 64	3,1	C 40
250	274	+1 - 3,1	5,2	C 50	3,9	C 40
300	326	+1 - 3,3	5,7	C 50	4,6	C 40
350	378	+1 - 3,4	6,0	C 40	4,7	C 30
400	429	+1 - 3,5	6,4	C 40	4,8	C 30
450	480	+1 - 3,6	6,8	C 40	5,1	C 30
500	532	+1 - 3,8	7,2	C 40	5,6	C 30
600	635	+1 - 4,0	8,0	C 40	6,7	C 30
700	738	+1 - 4,3	8,8	C 30	6,8	C 25
800	842	+1 - 4,5	9,6	C 30	7,5	C 25
900	945	+1 - 4,8	10,4	C 30	8,4	C 25
1000	1048	+1 - 5,0	11,2	C 30	9,3	C 25
1100	1152	+1 / -6,0	12,0	K9	10,2	C25
1200	1255	+1 / -5,8	12,8	K9	11,1	C25

Annexe II : Réservoirs anti-bélier d'une gamme de 100 à 2000 L.

Gamme *eaux claires*

Surpression - Régulation - Protection anti-bélier

Hydrochoc

sortie coudée sous le fond - 100 à 2000 L

Le réservoir anti-bélier **Hydrochoc** est un accumulateur hydropneumatique à vessie qui amortit les coups de bélier des régimes transitoires.

FABRICATION SELON CODAP



PEINTURE

Interne. Primaire antirouille glycérophtalique, couleur ocre rouge, épaisseur 30 microns.
Externe. Laque monocouche résine uréthane, acrylique couleur orange, épaisseur 30 microns.



VESSIE

Butyl interchangeable qualité alimentaire avec ACS (Attestation Conformité Sanitaire).



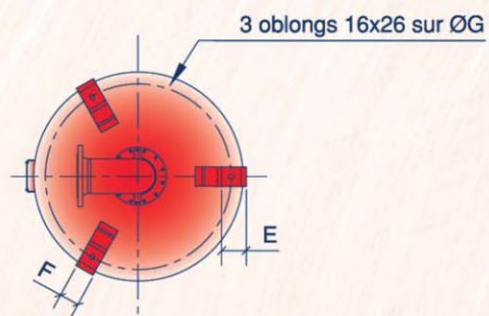
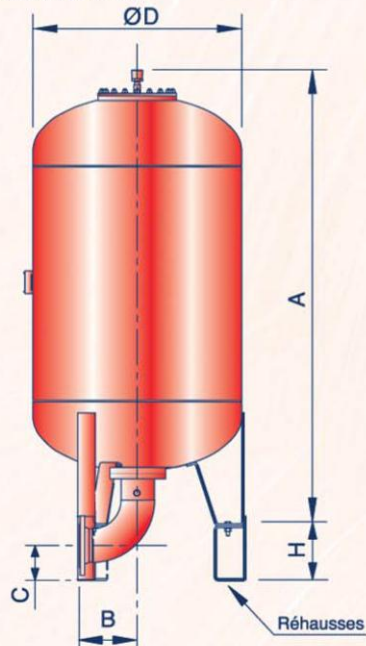
GARANTIE

"Hors pièces d'usure et sous réserve des conditions normales d'utilisation."



EMBALLAGE

Bull-pack pour les réservoirs. Carton pour les différents équipements et/ou pièces détachées.



Vue de dessous

Sortie DN	Référence	B	C	Pds sortie (KG)	H
50	R7900M00001	124	241	13	230
80	R7901M00001	172	213	15	230
100	R7902M00001	204	182	16	230
125	R7903M00001	246	147	20	230
150	R7904M00001	284	176	25	300

Ces cotes sont données à titre indicatif et peuvent être modifiées sans préavis.

Gamme 16/24 bars

Code	Vol.	A (mm)	Ø D (mm)	E	F	G	Poids sans sortie (kg)
HC-100-16/24-V	100	791	630	54	50	560	90
HC-200-16/24-V	200	1101	630	54	50	560	122
HC-300-16/24-V	300	1450	630	54	50	560	160
HC-500-16/24-V	500	2076	630	54	50	560	222
HC-750-16/24-V	750	1893	850	80	80	755	362
HC-1000-16/24-V	1000	2393	850	80	80	755	451
HC-1500-16/24-V	1500	2472	1000	80	100	905	637
HC-2000-16/24-V	2000	3178	1000	80	100	905	818

Annexe 12 : Réservoirs anti-bélier gros modèle horizontale d'une gamme de 3000 à 70000 L.

Gamme eaux claires

Suppression - Régulation - Protection anti-bélier

Gros modèle

3000 à 70000 L

Le réservoir anti-bélier **Hydrochoc** est un accumulateur hydro-pneumatique à vessie qui amortit les coups de bélier des régimes transitoires.

FABRICATION SELON CODAP



PEINTURE

Interne. Peinture époxy alimentaire sans solvant, couleur blanche, épaisseur 100 microns.
Externe. Laque polyuréthane couleur orange et apprêt anti-corrosion polyuréthane, épaisseur 50 microns.



VESSIE

Butyl interchangeable qualité alimentaire avec ACS (Attestation Conformité Sanitaire).



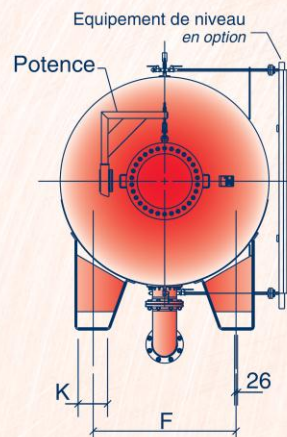
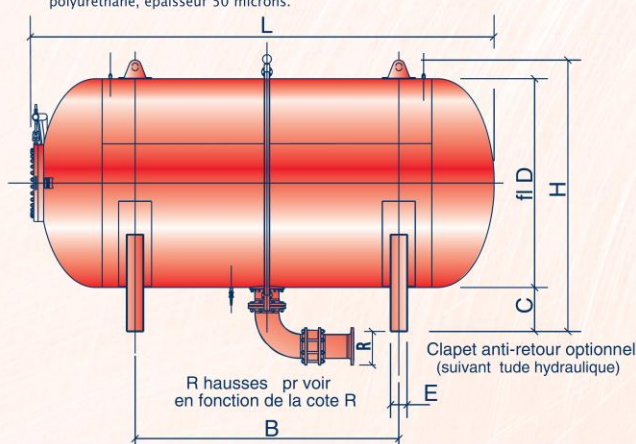
GARANTIE

"Hors pièces d'usure et sous réserve des conditions normales d'utilisation."



EMBALLAGE

Sans.



Capacité L	Ø D	L	H	Cote B (mm)	Cote E	Cote F	Cote K	Cote C	Potence
3000	1200	3010	1770	1600	150	900	167	400	Non
4000	1200	3800	1770	2400	150	900	167	400	Non
5000	1500	3170	2070	1700	150	1200	158	400	Non
6000	1500	4024	2070	2200	150	1200	158	400	Non
7000	1500	4480	2070	2500	150	1200	158	400	Non
8000	1500	4970	2070	3200	150	1200	158	400	Non
9000	1500	5470	2070	3700	150	1200	158	400	Non
10000	1900	4240	2470	2200	150	1300	268	400	Oui
10000	2100	3550	2670	1600	300	1600	328	400	Oui
12000	1900	4800	2470	3000	150	1300	268	400	Oui
12000	2100	4150	2670	2200	300	1600	328	400	Oui
15000	1900	5920	2470	3700	150	1300	268	400	Oui
15000	2100	4940	2670	3000	300	1600	328	400	Oui
18000	1900	7200	2470	5200	150	1300	268	400	Oui
18000	2100	6540	2670	3900	300	1600	328	400	Oui
20000	1900	7740	2470	5500	150	1300	268	400	Oui
20000	2100	6340	2670	4400	300	1600	328	400	Oui
25000	1900	9500	2470	5700	150	1300	268	400	Oui
25000	2100	7800	2670	5500	300	1600	328	400	Oui
25000	2500	5560	3300	3150	500	1900	500	590	Oui
30000	2100	9400	2670	5700	300	1600	300	400	Oui
30000	2500	6840	3300	4200	500	1900	500	590	Oui
35000	2500	7960	3300	5400	500	1900	500	590	Oui
35000	3000	5830	3800	3000	500	1900	500	590	Oui
40000	3000	6430	3800	3600	500	1900	500	590	Oui
50000	3000	7830	3800	5000	500	1900	500	590	Oui
60000	3000	9330	3800	6000	500	1900	500	590	Oui
70000	3000	10830	3800	7500	500	1900	500	590	Oui

Pour capacités supérieures : nous consulter. Ces cotes sont données à titre indicatif et peuvent être modifiées sans préavis.

CHARLOTTE
réservoirs
FAYAT GROUP

17, rue Paul-Bert - 89400 Migennes - Tél. : 03 86 92 30 14 - Fax : 03 86 92 30 01
E-mail : reservoir@charlattereservoirs.fayat.com - www.charlatte.com

Annexe 13 : Réservoirs anti-bélier gros modèle verticale d'une gamme de 3000 à 35000 L.

Gamme *eaux claires*

Surpression - Régulation - Protection anti-bélier

Gros modèle

sortie à bride - 3000 à 35000 L

Le réservoir anti-bélier **Hydrochoc** est un accumulateur hydropneumatique à vessie qui amortit les coups de bélier des régimes transitoires.

FABRICATION SELON CODAP



PEINTURE

Interne. Peinture époxy alimentaire sans solvant, couleur blanche, épaisseur 100 microns.
Externe. Laque polyuréthane couleur orange et apprêt anti-corrosion polyuréthane, épaisseur 50 microns.



VESSIE

Butyl interchangeable qualité alimentaire avec ACS (Attestation Conformité Sanitaire).



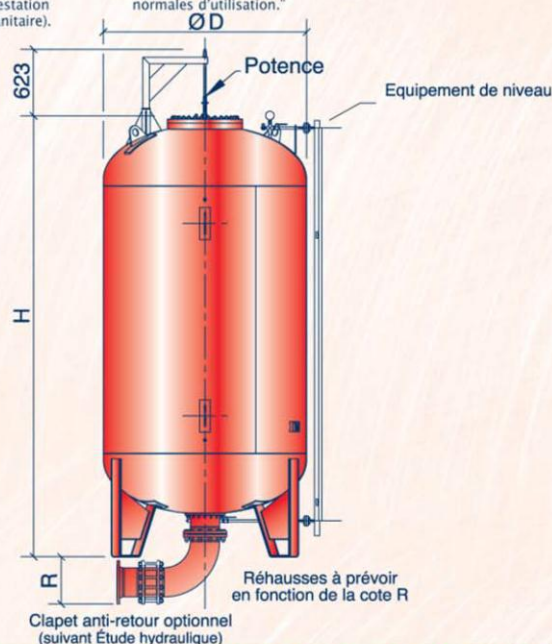
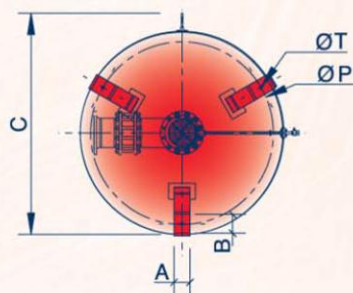
GARANTIE

"Hors pièces d'usure et sous réserve des conditions normales d'utilisation."



EMBALLAGE

Berceaux pour les réservoirs.



Clapet anti-retour optionnel (suivant Étude hydraulique)

Capacité L	Ø D	H	Nbr de Pieds	P	T	Cote A (mm)	Cote B	Cote C	Potence
3000	1200	3800	3	1050	26	150	125	1370	Non
4000	1200	4100	3	1050	26	150	125	1370	Non
5000	1500	3500	3	1300	26	150	178	1670	Non
6000	1500	4300	3	1300	26	150	178	1670	Non
7000	1500	4800	3	1300	26	150	178	1670	Non
8000	1500	5300	3	1300	26	150	178	1670	Non
9000	1500	5800	3	1300	26	150	178	1670	Non
10000	1900	4900	4	1700	26	150	178	2070	Oui
10000	2100	3800	4	1800	26	150	276	2270	Oui
12000	1900	5600	4	1700	26	150	178	2070	Oui
12000	2100	4400	4	1800	26	150	276	2270	Oui
15000	1900	6300	4	1700	26	150	178	2070	Oui
15000	2100	5300	4	1800	26	150	276	2270	Oui
18000	1900	7800	4	1700	26	300	300	2070	Oui
18000	2100	6100	4	1800	26	300	300	2270	Oui
20000	1900	8600	4	1700	26	300	300	2070	Oui
20000	2100	6700	4	1800	26	300	300	2270	Oui
25000	1900	10400	4	1700	26	300	300	2070	Oui
25000	2100	8200	4	1800	26	300	300	2270	Oui
25000	2500	6000	4	2000	26	500	500	2670	Oui
30000	2100	9700	4	1800	26	300	300	2270	Oui
30000	2500	7200	4	2000	26	500	500	2670	Oui
35000	3000	6100	4	2550	26	500	500	3170	Oui

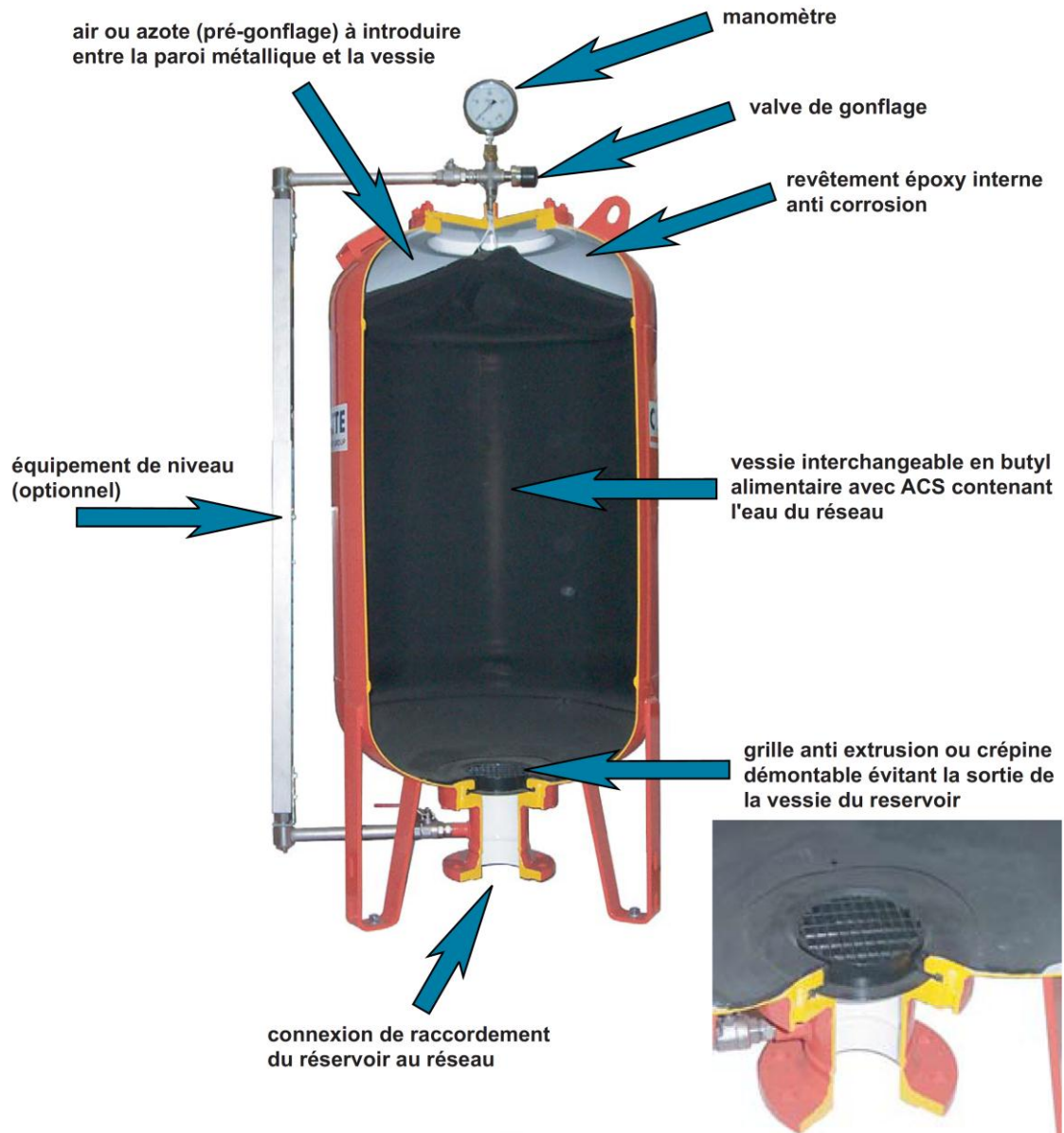
Pour capacités supérieures : nous consulter. Ces cotes sont données à titre indicatif et peuvent être modifiées sans préavis.

CHARLATTE
réservoirs
FAYAT GROUP

17, rue Paul-Bert - 89400 Migennes - Tél. : 03 86 92 30 14 - Fax : 03 86 92 30 01
E-mail : reservoir@charlattereservoirs.fayat.com - www.charlatte.com

Annexe 13 : Réservoir anti-bélier à vessie.

CHARLATTE
r é s e r v o i r s
FAYAT GROUP



Réservoir anti bélier à vessie butyl alimentaire eau potable