

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

OPTION : Ouvrage Chaudronnés et Piping

**Etude et conception de deux bacs à toit flottant à  
double pont de capacité 25000 m<sup>3</sup> pour le stockage  
de pétrole brut avec réseau de tuyauterie**

Présenté par :

**Tobdji Yacine  
Berrais Oussama**

Promoteur : **Mr IFRAH.R**  
Encadreur : **Mr ELGADIR.A**

Année Universitaire : 2019/2020



## REMERCIEMENT

*Nous remercions DIEU qui nous a donné la force et la  
patience pour terminer ce travail.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements :*

*A nos parents pour leur contribution pour chaque  
travail que nous avons effectué.*

*A notre promoteur Mr IFRAH R pour leurs aides.*

*A tous les ingénieurs du bureau d'engineering à GIP*

*A l'ensemble des enseignants du département de Génie  
mécanique.*

*Ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué  
à l'accomplissement de ce travail.*



# *Dédicaces*

*A mes très chers parents*

*Pour leurs précieux conseils et leurs grands sacrifices*

*Durant toutes mes années d'études*

*Je leur dis merci pour le soutien et l'encouragement.*

*A mes chers frères et mes chères sœurs*

*A mes chers amis et à tous mes camarades  
de MOCP I8*

*A tous les professeurs qui m'ont guidé  
durant*

*Toutes mes années d'études*

*A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*Tobdji Yacine*



# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes très chers parents, pour leurs sacrifices durant  
Toutes mes années d'études.*

*A mes frères*

*A mes très chères sœurs*

*A tous la famille Berrais*

*A tout le groupe MOCP 18*

*A tout (es) mes ami(e)s sans exception*

*Et à tous ceux qui m'ont accordé  
Leur aide pour mener ce travail à bonne fin.*

*Berrais Oussama*

# *Sommaire*

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b><u>CHAPITRE I : PRESENTATION ET GENERALITE DE RESERVOIR</u></b>	
<b>I.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2 GENERALITES SUR LES RESERVOIRS .....</b>	<b>4</b>
I.2.1 INTRODUCTION .....	4
I.2.2 ORGANIGRAMME DE TYPES DE RESERVOIRS .....	4
I.2.3 LES RESERVOIRS SOUS PRESSION .....	5
I.2.3.1 Les sphères .....	5
I.2.3.2 Les sphéroïdes .....	5
I.2.3.3 Les ballons .....	5
I.2.3.4 Les réservoirs cylindriques.....	6
I.2.4 LES BACS OUVERTES (SANS TOIT) .....	6
I.2.4.1 Les réservoirs à toit fixe .....	7
I.2.4.2 Les réservoirs à toit flottants .....	9
<b>I.3 LES AVANTAGES D’UN BAC A TOIT FLOTTANT .....</b>	<b>13</b>
<b>I.4 SOCIETE D’ETUDE ET DE REALISATION ENGTP .....</b>	<b>14</b>
I.4.1 ORGANIGRAMME DE GTP .....	15
I.4.2 MISSION.....	15
I.4.3 ACTIVITE .....	15
<b>I.5 DESCRIPTION DU PROJET .....</b>	<b>17</b>
I.5.1 PRESENTATION DE SUJET.....	17
I.5.2 CODES ET NORMES .....	17
I.5.3 DONNEES DE CALCUL .....	17
I.5.4 PARTIE TYAUTERIE .....	18
<b>I.6 CHOIX DES MATERIAUX.....</b>	<b>19</b>
I.6.1 L’ACIER DE CONSTRUCTION .....	19
I.6.2 CRITERES DE CHOIX DES MATERIAUX .....	19
I.6.3 CHOIX DES ACIERS DES TOLES.....	20
<b>I.7 CONCLUSION.....</b>	<b>22</b>

## CHAPITRE II : ETUDE CLIMATIQUE

<b>II.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>23</b>
<b>II.2 VERIFICATION DES CONDITIONS DE RESISTANCE ET DE STABILITE .....</b>	<b>23</b>
<b>II.3 ETUDE DE VENT.....</b>	<b>23</b>
II.3.1 DONNEE DE CALCUL.....	23
II.3.2 PRINCIPES DE CALCUL .....	23
II.3.3 PRESSION DYNAMIQUE : $Q(DAN/M^2)$ .....	24
II.3.4 PRESSION DYNAMIQUE NORMALE ET PRESSION DYNAMIQUE EXTREME .....	24
II.3.5 PRESSION DYNAMIQUE DE BASE.....	24
II.3.6 MODIFICATION DES PRESSIONS DYNAMIQUES DE BASE .....	25
II.3.6.1 Effet de la hauteur au-dessus du sol .....	25
II.3.6.2 Effet de site .....	25
II.3.6.3 Effet de masque.....	26
II.3.6.4 Effet des dimensions .....	26
II.3.6.5 Réduction maximale des pressions dynamiques de base .....	26
II.3.7 DISPOSITIONS DES CONSTRUCTIONS.....	26
II.3.7.1 Rapport de dimensions $\lambda$ .....	26
II.3.7.1.1 Classement des constructions en catégories .....	26
II.3.7.2 Coefficient global de traînée .....	27
II.3.8 ACTIONS STATIQUES EXERCEES PAR LE VENT.....	28
II.3.8.1 Actions extérieures .....	28
II.3.8.2 Actions intérieures.....	29
II.3.8.3 Actions résultantes unitaires sur les parois.....	30
II.3.9 EFFET DU VENT.....	32
II.3.9.1 Actions parallèles à la direction du vent .....	33
II.3.9.1.1 Cas des surcharges normales.....	33
II.3.9.1.2 Cas des surcharges extrêmes .....	33
II.3.9.2 Action résultante totale sur une paroi.....	34
II.3.9.3 Action d'ensemble sur une construction.....	34
II.3.9.4 Action dynamique exercées par le vent.....	35
<b>II.4 CHARGE DE SABLE SUR LE TOIT DE RESERVOIR .....</b>	<b>35</b>
II.4.1 DEFINITION DE LA CHARGE .....	35
II.4.2 ACTION DE LA CHARGE DE SABLE .....	35
<b>II.5 CONCLUSION.....</b>	<b>35</b>

## CHAPITRE II: ETUDE CLIMATIQUE

<b>III.1</b>	<b>DIMENSIONNEMENT DE RESERVOIR.....</b>	<b>36</b>
<b>III.2</b>	<b>PRESENTATION DE LA NORME .....</b>	<b>36</b>
<b>III.3</b>	<b>CONCEPTION DE RESERVOIR.....</b>	<b>36</b>
III.3.1	CALCUL LA HAUTEUR DE LA ROBE .....	36
III.3.2	CALCUL DE LA CAPACITE GEOMETRIQUE DE RESERVOIR : .....	36
<b>III.4</b>	<b>CONCEPTION DE LA ROBE.....</b>	<b>37</b>
III.4.1	INTRODUCTION .....	37
III.4.2	DONNES DE CALCUL .....	38
III.4.3	CALCUL DE NOMBRE DE VIROLE .....	38
III.4.4	CALCUL DE NOMBRE DE TOLES POUR CHAQUE VIROLE : .....	38
III.4.5	CALCUL DES EPAISSEURS DES VIROLES.....	39
III.4.6	CALCUL DU POIDS TOTAL DE LA ROBE .....	41
	<b>LA MASSE TOTALE DE LA ROBE : .....</b>	<b>42</b>
III.4.7	CONCLUSION .....	42
III.4.8	CORNIER DE RIVE .....	42
III.4.8.1	Constitution .....	42
III.4.8.2	Préparation .....	43
III.4.8.3	Assemblage .....	43
III.4.8.4	Recommandation.....	43
III.4.8.5	Poids de la cornière de rive .....	43
<b>III.5</b>	<b>CONCEPTION DE FOND.....</b>	<b>44</b>
III.5.1	INTRODUCTION .....	44
III.5.2	PRÉPARATION.....	44
III.5.3	ASSEMBLAGE.....	44
III.5.4	RECOMMANDATIONS .....	45
III.5.5	L'ÉPAISSEUR DES TOLES CENTRALE.....	45
III.5.5.1	Les tôles centrales du fond .....	45
III.5.5.2	Calcul de nombre de tôles central .....	45
III.5.5.3	Calcul du poids des tôles centrales.....	46
III.5.6	TOLES MARGINALES DE FOND .....	46
III.5.6.1	Calcul l'épaisseur des tôles annulaires.....	46
III.5.6.2	Largeur des tôles marginales.....	47
III.5.6.3	Calcul de nombre des tôles annulaires .....	47
III.5.6.4	Calcul du poids des tôles marginales .....	48
III.5.6.5	Calcule du poids total de fond.....	48

<b>III.6 ETUDE DE TOIT.....</b>	<b>49</b>
III.6.1 INTRODUCTION.....	49
III.6.2 EPAISSEUR DU TOIT .....	49
III.6.3 DESCRIPTION DU TOIT .....	50
III.6.4 CONCEPTION DES ACCESSOIRES DE TOIT.....	52
III.6.4.1 Dimensionnement de trou d’homme .....	52
III.6.4.2 Calcul de poids de trou d’homme.....	53
III.6.4.3 Escalier roulant.....	54
III.6.4.4 Charpente .....	55
III.6.4.4.1 Choix de cas la plus défavorable.....	56
III.6.4.4.2 Calcul de moment d’inertie .....	56
III.6.4.4.3 Etude du poids de profilé des raidisseurs en horizontale en L.60.60.8 .....	57
III.6.4.4.4 Etude du poids de profilé des raidisseurs en vertical en L.60.60.8 .....	57
III.6.4.4.5 Vérification des flèches dans les profilées UPN .....	57
III.6.4.4.6 Calcul la masse de profilé UPN 200 .....	58
III.6.5 VERIFICATION DE LA FLOTTABILITE .....	59
III.6.5.1 1ère cas (charge permanente).....	61
III.6.5.2 Cas d’une charge de 25 daN/m <sup>2</sup> de sable .....	62
III.6.5.3 Cas de deux compartiments adjacents perforés.....	63
<b>III.7 CONCLUSION.....</b>	<b>63</b>

## CHAPITRE IV : ACCESSOIRES

<b>IV.1 INTRODUCTION .....</b>	<b>64</b>
<b>IV.2 LES ESCALIERS HELICOÏDAUX.....</b>	<b>64</b>
IV.2.1.1 Recommandation .....	64
IV.2.2 DIMENSIONNEMENT LES MARCHES .....	66
IV.2.3 ETUDE DU VENT .....	66
IV.2.3.1 Rapport de dimension .....	66
IV.2.4 EVALUATION DES CHARGES DES MARCHES .....	68
IV.2.5 VERIFICATIONS DES MARCHES .....	68
IV.2.5.1 Vérification de la flèche a L’ELS .....	68
IV.2.5.2 Vérification de la résistance .....	69
IV.2.6 CALCUL DE LIMON .....	70
IV.2.6.1 Evaluation des charges.....	70
IV.2.6.2 Vérification du limon .....	70
IV.2.6.2.1 La vérification de la flèche.....	70
IV.2.6.2.2 Vérification de la résistance.....	71



IV.2.6.2.3	Effort tranchant (la compression) .....	71
IV.2.6.2.4	Interaction effort tranchant / moment fléchissant .....	72
IV.2.7	CALCUL DU PALIER DE REPOS .....	72
IV.2.7.1	La tôle .....	73
IV.2.7.1.1	Evaluation des charges.....	73
IV.2.7.1.2	Vérification de la flèche .....	74
IV.2.7.2	Elément 1 : UPN 100 .....	74
IV.2.7.2.1	Evaluation des charges.....	74
IV.2.7.2.2	Vérification de la flèche.....	75
IV.2.7.2.3	Vérification de la résistance.....	75
IV.2.7.3	Elément 2 .....	75
IV.2.7.3.1	Evaluation des charges.....	75
IV.2.7.3.2	Vérification de la flèche : .....	76
IV.2.7.3.3	Vérification de la résistance.....	76
IV.2.8	CALCUL DE LA CONSOLE (RENFORT) .....	76
IV.2.8.1	Les charges.....	77
IV.2.8.2	Classification de la section.....	78
IV.2.8.3	Vérification au résistance à la compression .....	78
IV.2.8.4	Résistance au flambement.....	79
<b>IV.3</b>	<b>LE FOND.....</b>	<b>80</b>
IV.3.1	TOLES CENTRALES .....	81
IV.3.2	TOLES MARGINALES .....	81
IV.3.3	LA CUVETTE .....	81
<b>IV.4</b>	<b>LA ROBE.....</b>	<b>81</b>
IV.4.1	POUTRE AU VENT .....	82
IV.4.2	TROU D'HOMME SUR LA ROBE .....	82
IV.4.3	PORTE DE NETTOYAGE .....	83
IV.4.4	PORTE VISITE.....	83
IV.4.5	TUBULURES .....	83
IV.4.5.1	Préparation .....	84
IV.4.5.2	Assemblage .....	84
IV.4.6	PLATEFORME ET PASSERELLE .....	85
<b>IV.5</b>	<b>DISPOSITION DE CENTRAGE ET ANTI-ROTATOIRE (ELEMENT DE GUIDAGE) 86</b>	
<b>IV.6</b>	<b>LE TOIT .....</b>	<b>86</b>
IV.6.1	ECHELLE ROULANT .....	86
IV.6.2	LES BEQUILLES.....	87
IV.6.3	TROU D'HOMME SUR LE TOIT .....	87

IV.6.4 DRAINAGE PRINCIPALE .....	87
IV.6.5 JOINT D'ETANCHEITE POUR TOIT FLOTTANT.....	88
IV.6.5.1 Définition .....	88
IV.6.5.2 Choix du type de joint.....	89
IV.6.5.3 Joint primaire .....	89
IV.6.5.4 Joint secondaire.....	90
IV.6.6 LES ARRETE-FLAMMES.....	91
IV.6.7 LE JUGEUR RADAR POUR RESERVOIR.....	91
<b>IV.7 FONDATION DU RESERVOIR.....</b>	<b>92</b>
IV.7.1 FONDATION SIMPLE ( $V < 10000 \text{ m}^3$ ).....	93
IV.7.1.1 Une couche de sol granuleuse.....	93
IV.7.1.2 Un lit de sable compact.....	93
IV.7.1.3 Couche hydro isolante.....	94
IV.7.2 FONDATION RENFORCE ( $V > 10000 \text{ m}^3$ ) .....	94
<b>IV.8 CONCLUSION.....</b>	<b>94</b>

## CHAPITRE V : ETUDE DE STABILITE DU RESERVOIR

<b>V.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>95</b>
<b>V.2 POUTRE AU VENT UTILISEE COMME PASSAGE .....</b>	<b>95</b>
<b>V.3 STABILITE DE LA ROBE SOUS L'ACTION DU VENT.....</b>	<b>97</b>
V.3.1 CALCUL DE LA HAUTEUR TRANSFORMEE DE LA ROBE :.....	98
<b>V.4 LA POSITION DE LA POUTRE INTERMEDIAIRE .....</b>	<b>99</b>
V.4.1 CALCUL DU RAIDISSEUR INTERMÉDIAIRE .....	99
<b>V.5 VERIFICATION DE RESERVOIR SOUS L'ACTION DU VENT.....</b>	<b>101</b>
V.5.1 VERIFICATION DU RESERVOIR AU RENVERSEMENT .....	101
V.5.2 MOMENT DE RENVERSEMENT DU RESERVOIR.....	102
V.5.3 LES MOMENTS DE STABILITE DU RESERVOIR.....	102
V.5.4 VERIFICATION AU GLISSEMENT.....	102
V.5.5 VERIFICATION DE CISAILLEMENT AU NIVEAU DE LA PLATE-FORME.....	103
<b>V.6 CONCLUSION .....</b>	<b>103</b>

## CHAPITRE VI : FABRICATION ET MONTAGE

<b>VI.1 INTRODUCTION .....</b>	<b>104</b>
<b>VI.2 FABRICATION.....</b>	<b>104</b>
VI.2.1 CODES ET REGLEMENTS .....	104
VI.2.2 PROCEDURE DE FABRICATION .....	104
VI.2.2.1 Contrôle des plans et documents.....	104

VI.2.2.2 Tôlerie .....	104
VI.2.2.3 Traçage.....	104
VI.2.2.4 Préparation .....	104
VI.2.2.5 Tolérance.....	105
VI.2.3 DEBITAGE DES TOLES .....	105
VI.2.3.1 Chan-freinage des Tôles.....	105
VI.2.3.2 Le Cintrage ou Roulage des Tôles .....	105
VI.2.3.3 Perçage.....	106
VI.2.4 ACCESSOIRES (FABRICATION UNITAIRE).....	106
VI.2.5 SOUDAGE.....	107
VI.2.6 GAMME DE FABRICATION DE LA TOLERIE .....	109
VI.2.6.1 Gamme de fabrication du fond.....	109
VI.2.6.1.1 Présentation des tôles du fond.....	109
VI.2.6.1.2 Gamme de fabrication des différentes tôles du fond.....	110
VI.2.6.2 Façonnage des tôles de robe.....	111
VI.2.6.2.1 Gamme de fabrication de la robe : Présentation des tôles de la robe.....	112
VI.2.6.2.2 Les tôles de la robe .....	112
VI.2.6.3 Façonnage des tôles du toit .....	114
VI.2.6.3.1 Gamme de fabrication du toit.....	115
VI.2.6.3.2 Les tôles de la toiture .....	115
<b>VI.3 MONTAGE .....</b>	<b>116</b>
VI.3.1 INTRODUCTION.....	116
VI.3.2 EXPLICATION DE METHODE DE MONTAGE "TOLE PAR TOLE" .....	117
VI.3.3 PREPARATION DES TOLES.....	117
VI.3.4 MONTAGE DU FOND PLAT .....	117
VI.3.5 SOUDAGE DU FOND PLAT .....	118
VI.3.6 MONTAGE DE LA ROBE.....	119
VI.3.6.1 Protection de la robe pendant le montage .....	122
VI.3.6.2 Pointage et soudage de la 1 ère virole .....	122
VI.3.6.3 Pointage et soudage de la 2 ème. Virole .....	123
VI.3.6.4 Pointage et soudage du joint horizontal entre la première et la deuxième virole.....	124
VI.3.6.5 Exécution des autres viroles.....	124
VI.3.7 MONTAGE DE TOIT FLOTTANT.....	125
VI.3.7.1 Préparations avant le montage .....	125
VI.3.7.2 Essai du toit flottant .....	127
<b>VI.4 CONCLUSION .....</b>	<b>127</b>

## CHAPITRE VII : PROCEDE DE SOUDAGE ET CONTROLE

<b>VII.1 INTRODUCTION .....</b>	<b>128</b>
VII.1.1 DOMAINE D'UTILISATION DE LA SOUDURE .....	128
VII.1.2 LES DIFFERENTS PROCEDES DE SOUDAGE .....	128
VII.1.3 LE CHOIX DE PROCEDE DE SOUDAGE (WPS - WELDING PROCEDURE SPECIFICATION) .....	128
VII.1.3.1 Le procédé le plus convenable .....	129
VII.1.4 JOINTS DES SOUDURES .....	129
VII.1.4.1 Définitions.....	129
VII.1.4.1.1 Joints bout à bout à double soudure .....	129
VII.1.4.1.2 Joints à recouvrement à double soudure .....	129
VII.1.4.1.3 Joint à recouvrement à simple soudure .....	129
VII.1.4.1.4 Soudure bout à bout .....	129
VII.1.4.1.5 Soudure d'angle .....	130
VII.1.4.1.6 Soudure d'angle normale .....	130
VII.1.5 SOUDAGE SMAW: (SHIELDED METAL ARC WELDING) .....	130
VII.1.5.1 Définition du procédé.....	130
VII.1.5.2 Principe du procédé.....	131
VII.1.6 COMPOSANTS DE L'ÉLECTRODE.....	131
VII.1.6.1 Définition .....	131
VII.1.7 COMPOSITION DE L'ELECTRODE .....	132
VII.1.1 LES ELECTRODES SELON LES NORMES AMERICAINES : AMERICAN WADING SOCIETY (AWS)	
133	
VII.1.2 SOUDAGE SAW: (SUBMERGED ARC WELDING) .....	134
VII.1.2.1 Définition du procédé.....	134
VII.1.3 CHOIX DES ELECTRODES DE SOUDAGE.....	134
VII.1.4 METHODE DE SOUDAGE .....	135
<b>VII.2 SOUDAGE DU RESERVOIR .....</b>	<b>136</b>
VII.2.1 SOUDURE DU FOND .....	136
VII.2.1.1 Tôles centrales .....	136
VII.2.1.1.1 Détails opération de soudage .....	136
VII.2.1.1.2 Vérifier s'il y a besoin d'un préchauffage.....	137
VII.2.1.1.2.1 Method BWRA: British Welding Research Association method .....	137
<b>VII.3 PROCEDURE DECONTROLE ET D'INSPECTION DES SOUDURES.....</b>	<b>138</b>
VII.3.1 CONTROLE AVANT LE SOUDAGE (CONTROLE QUALITATIF) .....	138
VII.3.2 CONTROLE EN COURS DE SOUDAGE .....	139
VII.3.3 CONTROLE APRES LE SOUDAGE .....	139

VII.3.3.1	Contrôle visuel .....	139
VII.3.3.2	Contrôle par ressuage.....	139
VII.3.4	CONTROLE RADIOGRAPHIQUE.....	140
VII.3.5	CONTROLE PAR ULTRA SON .....	141
<b>VII.4</b>	<b>SPECIFICATION DE SOUDAGE.....</b>	<b>142</b>
VII.4.1	TÔLES MARGINALES .....	142
VII.4.2	SOUDAGE PIED DE ROBE.....	143
VII.4.3	TÔLES DE FOND .....	144
VII.4.4	SOUDAGE DES JOINTS HORIZONTAUX DE LA ROBE .....	145
VII.4.4.1	Soudage des joints verticaux de la robe .....	153
VII.4.4.2	Soudage de la cornière de rive .....	161
<b>VII.5</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>162</b>

## CHAPITRE VIII : ESSAI ET PROTECTION

<b>VIII.1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>163</b>
<b>VIII.2</b>	<b>ESSAIS .....</b>	<b>163</b>
VIII.2.1	ESSAI SOUS VIDE .....	163
VIII.2.2	ESSAI PNEUMATIQUE.....	164
VIII.2.3	ESSAI D'ETANCHEITE A LA CHAUX + GAS-OIL .....	164
VIII.2.4	ESSAI HYDROSTATIQUE.....	164
<b>VIII.3</b>	<b>PROTECTION .....</b>	<b>165</b>
VIII.3.1	PROTECTION PAR PEINTURE (CONTRE CORROSION) .....	165
VIII.3.2	LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LA CORROSION.....	166
VIII.3.3	LES PRINCIPAUX MOYENS DE LUTTE SONT LES SUIVANTS .....	166
VIII.3.4	CHOIX DE REVETEMENT .....	167
VIII.3.5	PREPARATION DES SURFACES .....	167
VIII.3.6	PROCEDURE DE PEINTURE .....	169
VIII.3.6.1	Règles Générales pour la mise en œuvre .....	169
VIII.3.6.2	Application de la peinture .....	169
VIII.3.6.3	Epaisseur de film sec .....	169
VIII.3.6.4	Inspection visuelle .....	170
VIII.3.7	PEINTURES A APPLIQUER SUR LES TUYAUTERIES AU NIVEAU DES BACS .....	170
<b>VIII.4</b>	<b>SYSTEME A MOUSSE (CONTRE L'INCENDIE) .....</b>	<b>171</b>
<b>VIII.5</b>	<b>SYSTEME DE REFROIDISSEMENT .....</b>	<b>171</b>
<b>VIII.6</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>172</b>

## CHAPITRE IX : DIMENSIONNEMENT DE LA TUYAUTERIE

<b>IX.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>173</b>
<b>IX.2 CHOIX DE MATERIAU CONSTITUANT LE CANALISATIONS .....</b>	<b>173</b>
IX.2.1 CRITERES DE SELECTION DE LA NUANCE D'ACIER .....	173
IX.2.2 CARACTERISATIONS DES ACIERS API .....	173
IX.2.2.1 Spécification d'API 5 L.....	174
<b>IX.3 DIMENSIONNEMENT DE LA TUYAUTERIE DE REMPLISSAGE ET EXPEDITION ET RECYCLAGE .....</b>	<b>174</b>
IX.3.1 DEFINITIONS .....	174
IX.3.1.1 Tuyauterie d'aspiration .....	174
IX.3.1.2 Tuyauterie de refoulement .....	175
IX.3.2 DIMENSIONNEMENT DE COLLECTEUR PRINCIPALE DE RESEAU QUI EFFECTUE UNE PARTIE DU PROCESSUS DE REMPLISSAGE ET DE VIDANGE ENSEMBLE (EXPEDITION ET REMPLISSAGE) .....	176
IX.3.3 DIMENSIONNEMENT DES TRONÇONS DU RESEAU QUI EFFECTUENT LES PROCESSUS DE RECYCLAGE DE PRODUIT (DIAMETRE DE RESEAU QUI EFFECTUENT LE PROCESSUS STANDARD 14'').....	177
IX.3.4 DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS PRINCIPAUX DE PIPE DU RESEAU QUI EFFECTUENT LES PROCESSUS DE REMPLISSAGE .....	178
IX.3.5 DIMENSIONNEMENT DES TRONÇONS DU RESEAU QUI EFFECTUENT LES PROCESSUS D'EXPIATION.....	179
IX.3.6 LES POMPES .....	181
IX.3.6.1 Les caractéristiques importantes des pompes.....	181
IX.3.6.1.1 Le débit .....	181
IX.3.6.1.2 La hauteur manométrique .....	181
IX.3.6.1.3 Rendement .....	181
IX.3.6.2 Les différents types de pompe.....	182
IX.3.7 CALCULER LES DIAMETRES DES CANALISATIONS EST LES VITESSES REALES DE PRODUIS ....	182
IX.3.7.1 Donnée de réseau .....	182
IX.3.8 CALCUL DIAMETRE EXTERIEUR DE COLLECTEUR PRINCIPAL D'ASPIRATION .....	182
IX.3.8.1 La vitesse réelle d'aspiration.....	184
IX.3.8.2 Le Diamètre extérieur et épaisseur de collecteur principale de réseau qui effectuent le processus de remplissage et vidange simultanément.....	184
IX.3.8.3 La vitesse de refoulement de collecteur principal d'écoulement .....	186
IX.3.8.4 Calcule les diamètres extérieurs et l'épaisseur des pipelines principaux de d'expédition vers la station principale de pompage .....	186
IX.3.8.5 La vitesse réelle de refoulement (les pipes d'expédition) .....	187
IX.3.8.6 Les diamètres extérieurs et l'épaisseur des pipelines principaux de remplissage de bac....	187

IX.3.8.7 La vitesse refoulement réel .....	188
<b>IX.4 SYMBOLES UTILISES</b> .....	<b>188</b>
<b>IX.5 CONCLUSION</b> .....	<b>188</b>
<u>CONCLUSION GENERALE</u> .....	<u>189</u>
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u> .....	<u>190</u>

# Liste des figures

FIGURE I. 1 RESERVOIR A TOIT FLOTTANT .....	3
FIGURE I. 2 RÉSERVOIR SPHÉRIQUES .....	5
FIGURE I.3 LES SPHÉROÏDES .....	5
FIGURE I.4 LES BALLONS .....	6
FIGURE I. 5 RÉSERVOIRS CYLINDRIQUES .....	6
FIGURE I.6 BACS OUVERTES .....	7
FIGURE I.7 RESERVOIR TOIT FIXE SUPPORTE PAR POTEAU CENTRAL .....	7
FIGURE I.8 RESERVOIR A TOIT FIXE SUPPORTE PAR PLUSIEURS POTEAUX .....	8
FIGURE I.9 RESERVOIR A TOIT FIXE AUTOPORTANT .....	8
FIGURE I.10 RESERVOIR A ECRAN FLOTTANT .....	9
FIGURE I.11 RESERVOIR A TOIT FLOTTANT SIMPLE PONT .....	9
FIGURE I.12 SIMPLE PONT .....	10
FIGURE I.13 SIMPLE PONT AVEC CAISSON CENTRAL .....	11
FIGURE I.14 SIMPLE PONT AVEC BOUEES MULTIPLES .....	11
FIGURE I.15 RESERVOIR A TOIT FLOTTANT DOUBLE PONT .....	12
FIGURE I.16 DOUBLE PONT AVEC SIMPLE PENTE .....	13
FIGURE I. 17 AVANTAGES DU RESERVOIR A TOIT FLOTTANT .....	13
FIGURE II.1 LES ACTIONS EXTERIEURE DE VENT .....	28
FIGUREII.2 SURPRESSION ET DEPRESSION PLEIN CAS RESERVOIR .....	29
FIGUREII.3 ACTIONS INTERIEURES AU VENT RESERVOIR VIDE .....	30
FIGUREII. 4 ACTION EXTERIEURE +ACTION INTERIEUR(SURPRESSION) .....	30
FIGUREII. 5 ACTION EXTERIEURE +ACTION INTERIEUR (DEPRESSION) .....	31
FIGUREII. 6 ACTION EXTERIEURE + ACTION INTERIEURE .....	32
FIGURE III. 1 VUE GENERAL DE LA ROBE .....	38
FIGURE III.2 SECTION LONGITUDINALE DU RESERVOIR (VIROLES ET CORNIERE DE RIVE) .....	44
FIGURE III.3 RECOUVREMENT DES TOLES CENTRALES DE FOND .....	45
FIGURE III.4 SCHEMAS DES TOLES MARGINALES .....	48
FIGURE III.5 SCHEMA DIMENSIONNEL DES TOLES DU FOND .....	48
FIGURE III.6 DESCRIPTIF DU TOIT FLOTTANT DOUBLE PONT .....	51
FIGURE III.7 CAISSON DU TOIT .....	52
FIGURE III.8 SCHEMA SPECIFIQUE DE DEMI-TOIT FLOTTANT .....	59
FIGURE III.9 SCHEMA SPECIFIQUE DE DEMI-TOIT FLOTTANT FLOTTE SUR LIQUIDE .....	60
FIGURE IV. 1 ESCALIERS HELICOÏDAUX .....	65
FIGURE IV. 2 SCHEMA DE L'ESCALIER HELICOÏDAL .....	65
FIGURE IV. 3 SCHEMA DES MARCHES .....	66



FIGURE IV. 4 ACTION DU VENTS SUR LES ESCALIERS LES ACTIONS RESULTANT UNITAIRES SONT PROPORTIONNELLES AU $\Gamma\alpha$ (RNV65 12-3.1.3/PAGE 212).....	67
FIGURE IV. 5 ELEMENTS CONSTRUCTIFS DU PALIER DE REPOS.....	73
FIGURE IV. 6 SCHEMA REPRESENTATIF DU RENFORT .....	78
FIGURE IV. 7 LA CUVETTE.....	81
FIGURE IV. 8 TROU D'HOMME .....	83
FIGURE IV. 9 TUBULURES.....	84
FIGURE IV. 10 SCHÉMA DE TUBULURE .....	85
FIGURE IV. 11 PLATEFORME ET PASSERELLE.....	85
FIGURE IV. 12 ELÉMENT DE GUIDAGE .....	86
FIGURE IV. 13 ECHELLE ROULANT .....	87
FIGURE IV. 14 OUTIL DE DRAINAGE PRINCIPAL.....	88
FIGURE IV. 15 SCHEMA DE JOINT PRIMAIRE .....	90
FIGURE VI. 16 SCHEMA DU JOINT SECONDAIRE.....	91
FIGURE VI. 17 LE JAUGEUR RADAR .....	92
FIGURE IV. 18 SCHEMA DE LA FONDATION DES RESERVOIRS .....	94
FIGURE V. 2 LES DIRECTIONS RADIALES ET AXIALES .....	95
FIGURE V. 3 RAIDISSEUR PRINCIPAL (POUTRE AU VENT).....	96
FIGURE V. 4 RAIDISSEUR INTERMEDIAIRE.....	100
FIGURE V. 5 SCHEMA DE PLATEFORME.....	103
FIGURE VI.1 GRAND ROULEUSE LISSE.....	106
FIGURE VI.2 VUE EN PLAN DES TOLES DU FOND PREFABRIQUE.....	109
FIGURE VI.3 ½ VUE DEVELOPEE DE LA ROBE .....	112
FIGURE VI.4 PRESENTATION DES TOLES DU TOIT.....	115
FIGURE VI.5 RECOUVREMENT DES TOLES DU FOND .....	118
FIGURE VI.6 ASSEMBLAGE BOUT A BOUT (TOLE MARGINALE) .....	119
FIGURE VI.7 MONTAGE DE DEUX VIROLES .....	120
FIGURE VI.8 FIXATION DES TOLES PAR DES CHICAGOS.....	121
FIGURE VI.9 DISPOSITION DES CARRES.....	122
FIGURE VI.10 POINTAGE ET SOUDAGE DE LA 1 ERE VIROLE AVEC LE FOND .....	123
FIGURE VI.11 MAINTIEN PROVISoire DES VIROLES DE LA ROBE.....	123
FIGURE VI.12 SOUDAGE DES CORDONS HORIZONTALS ENTRE DEUX VIROLES .....	124
FIGURE VI.13 TOITURE.....	125
FIGURE VI.14 MONTAGE DU TOIT FLOTTANT .....	126
FIGURE VII. 2 SOUDAGE MANUEL A L'ARC ELECTRIQUE AVEC ELECTRODE ENROBEE .....	131
FIGURE VII. 3 IMAGE D'ÉLECTRODE ENROBÉE.....	132
FIGURE VII. 4 CARACTERISTIQUES DES ELECTRODES SELON LA SYMBOLISATION AWS.....	133
FIGURE VII. 5 SOUDAGE SAW .....	134
FIGURE VII. 6 CONTRÔLE ULTRA SON .....	141
FIGURE VIII.1 APPLICATION DE LA PEINTURE .....	171

FIGURE VIII.2 SYSTEME DE REFROIDISSEMENT.....	172
FIGURE IX.1 COLLECTEUR PRINCIPALE DE RESEAU QUI EFFECTUE LE PROCESSUS DE REPLISSAGE ET DE VIDANGE ENSEMBLE 24" (ASPIRATION ET REFOULEMENT).....	177
FIGURE IX.2 RESEAU DE RECYCLAGE (8'') .....	178
FIGURE IX.3 PARTIE RESEAU QUI EFFECTUE LE PROCESSUS DE REMPLISSAGE ET ENSEMBLE 20" (ASPIRATION) .....	179
FIGURE IX.4 PARTIE RESEAU QUI EFFECTUE LE PROCESSUS D'EXPEDITION 18" (REFOULEMENT) .....	180

# Liste des tableaux

TABLEAU I.1 COMPOSITION CHIMIQUE D'A573 GR 70 .....	20
TABLEAU I. 2 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES D'A573 GR 70 .....	20
TABLEAU I.3 COMPOSITION CHIMIQUE D'A283 GR C .....	21
TABLEAU I. 4 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES A283 GR C.....	21
TABLEAU II.1 VALEUR DE CE.....	28
TABLEAU III. 1 TABLEAU DES ÉPAISSEURS DES TÔLES DE LA ROBE.....	41
TABLEAU III. 2 TABLEAU DES MASSES DE VIROLES DE LA ROBE .....	42
TABLEAU III. 3 LES CARACTÉRISTIQUES DE TROU D'HOMME DE TOIT .....	52
TABLEAU III. 4 LES MASSES DES PONTS .....	61
TABLEAU III. 5 LES MASSES DES ACCESSOIRES DE TOIT .....	61
TABLEAU IV. 1 LES FACTEURS D'IMPERFECTION .....	80
TABLEAU IV. 2 DIAMÈTRE MINIMAL DU DRAIN EN FONCTION DE DIAMÈTRE DU TOIT .....	88
TABLEAU IV.3 LES COMPOSANTS DE JOINT PRIMAIRE.....	90
TABLEAU V. 1 LES CARACTÉRISTIQUES DE LA ROBE TRANSFORMÉE.....	98
TABLEAU VI.1 LES ÉCART ADMISSIBLE.....	107
TABLEAU VII. 2 NIVEAU DE PÉNÉTRATION SELON LE TYPE D'ÉLECTRODE .....	132
TABLEAU VVII. 3 TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉLECTRODE .....	135
TABLEAU IX.1 LES COORDONNÉS ET LES LONGUEURS DU COLLECTEUR PRINCIPAL DE RÉSEAU QUI EFFECTUENT UNE PARTIE DU PROCESSUS <i>de remplissage et de vidange</i> ENSEMBLE	176
TABLEAU IX.2LES COORDONNÉS ET LES LONGUEURS DE RÉSEAU QUI EFFECTUENT LES PROCESSUS DE RECYCLAGE DE PRODUIT .....	177
TABLEAU IX.3LES COORDONNÉS ET LES LONGUEURS DE RÉSEAU QUI EFFECTUENT LES PROCESSUS DE RECYCLAGE DE PRODUIT .....	178
TABLEAU IX.4 LES COORDONNÉS ET LES LONGUEURS DE RÉSEAU QUI EFFECTUENT LES PROCESSUS D'EXPIATION .....	179
TABLEAU IX.5 VALEUR NORMALISÉE, ET D'APRÈS ASME B31.3 .....	183

## Introduction générale

A l'heure actuelle le monde subit des grands développements en matière de technologie dans tous les domaines en particulier dans l'industrie des hydrocarbures qui connaît un progrès considérable dans le monde, en particulier en Algérie, que ce soit dans le domaine de la recherche, la production, la pétrochimie, ou le stockage. Ce dernier est un secteur stratégique dans l'industrie pétrolière et les réservoirs sont très importants pour le stockage. Ils permettent d'assurer une pérennité de la production malgré les interruptions accidentelles.

Parmi l'ensemble des réservoirs de stockage des hydrocarbures, les principaux avantages des réservoirs avec toits flottants sont les suivants :

- Minimiser la perte du produit stocké en raison de ses évaporations.
- La sécurité est augmentée par un incendie qui résulte de la baisse de l'évaporation de la substance explosive d'où le risque plus faible des composés entre l'air et l'évaporation des produits qui peuvent facilement exploser.
- Le toit flottant ne transmet presque pas les efforts verticaux vers la coque.
- Le risque de perte de stabilité est diminué.

Le thème de notre mémoire est l'étude et la conception d'un réservoir à toit flottant à double pont pour le stockage de pétrole brut de capacité 25000 m<sup>3</sup>, au niveau de la région de Hassi Messaoud, Algérie.

Les points développés dans notre étude s'articulent autour de quatre parties principales.

- La première partie est une étude globale des effets extérieurs exigés par la nature, comme le climat (le vent et la charge de sable)
- La deuxième partie est l'étude, la conception et le dimensionnement des principales composantes du réservoir (fond, robe, toiture...) ainsi que la stabilité du bac.
- La troisième partie sera donc la préfabrication et le montage sur site.
- La quatrième partie est un dimensionnement d'un tronçon de tuyauterie.

# Chapitre I

**I.1 INTRODUCTION**

Le stockage des produits pétroliers, de pétrochimie et chimiques s'effectue principalement dans des réservoirs métalliques, qui nécessitent une étude approfondie afin d'assurer la réservation et la simplicité d'utilisation de ces produits qui sont parfois dangereux.

Forme du réservoir :

- **Fond** convexe en tôles d'acier rectangulaire muni d'une couronne périphérique également en acier et une pente de 1% pour la vidange.
- **Robe cylindrique** verticale constituée de tôles virolées, en acier. Pour maintenir la forme circulaire de la robe contre les efforts du vent on ajoute une poutre au Vent
- **Toit flottant à double pont** en tôles d'acier, avec une pente 1%, supporté par des béquilles. Il flotte sur le liquide stocké et assure la disposition de centrage et anti-rotatoire par un élément de guidage et le joint d'étanchéité. Ce composant est un élément très important d'un toit flottant.
- **Accessoires** (Escalier, Echelle roulante, Garde -corps, Trous d'homme, Tubulures, etc....) exécutés en acier.

La conception et la construction du réservoir sera entièrement conforme aux Spécifications Technique de la Norme API 650 édition 2013.

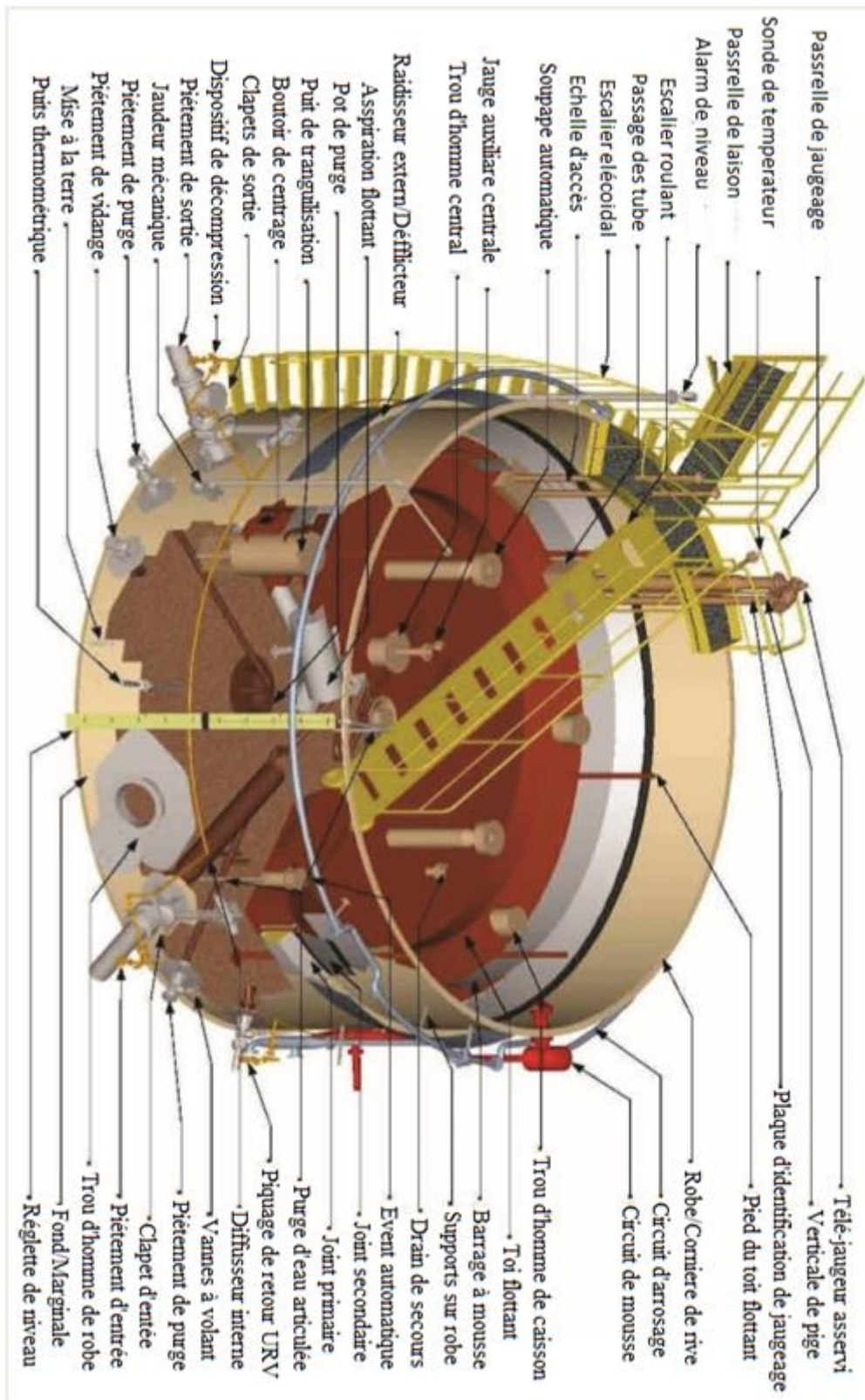


Figure I. 1 Réservoir à toit flottant

## I.2 GENERALITES SUR LES RESERVOIRS

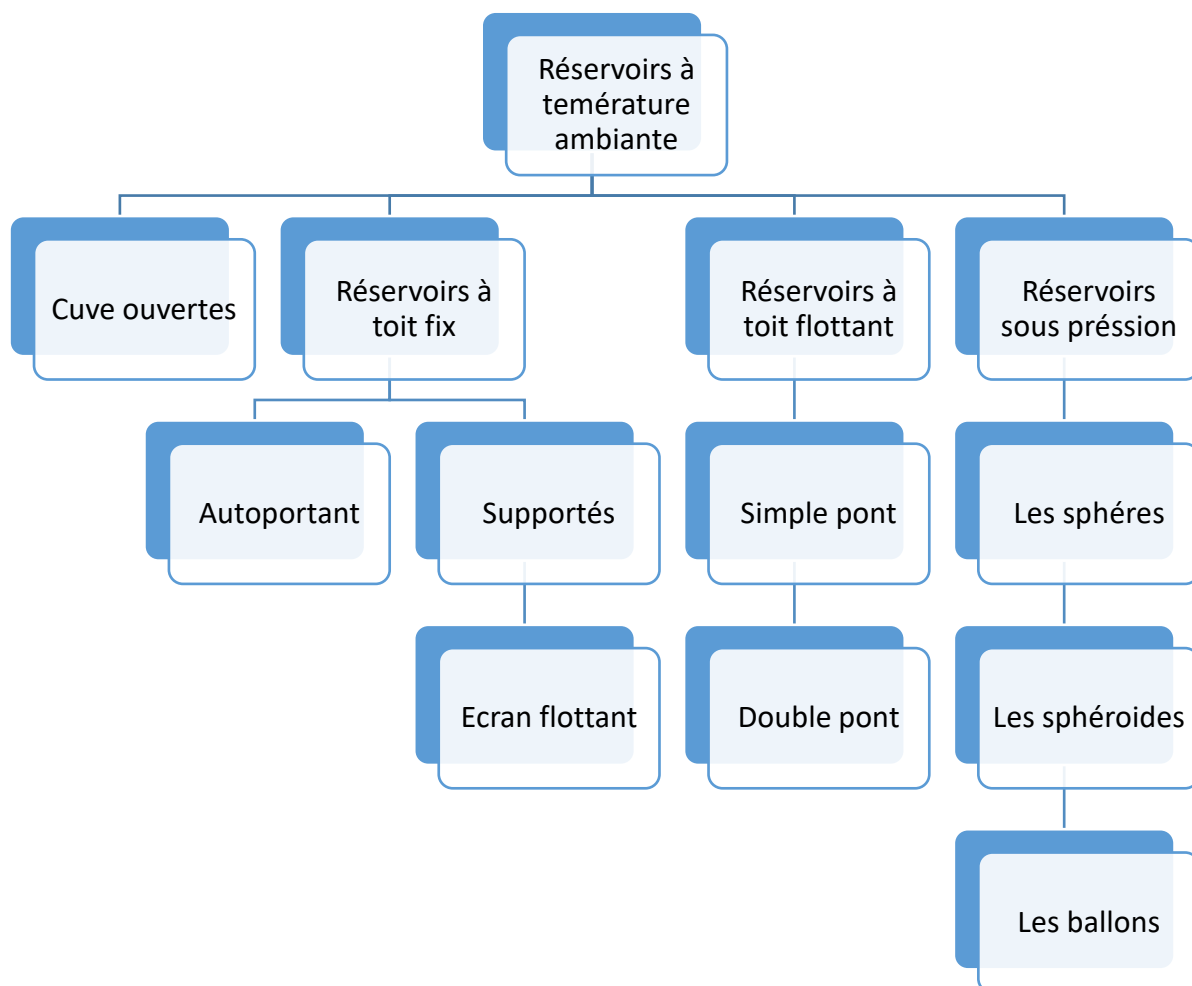
### I.2.1 Introduction

Les produits pétroliers sont très importants dans notre vie, car ils sont principalement la source de l'énergie (gasoil ou essence pour automobile, électricité...etc), alors qu'ils nécessitent de toute évidence des techniques de stockage afin de simplifier l'utilisation totale de cette énergie.

Dans le cadre de cet immense besoin, l'être humain a réussi à inventer ces techniques, qui sont représentés par plusieurs types de bac de stockages, chacun est réalisé pour la réservation d'un produit spécifique.

### I.2.2 Organigramme de types de réservoirs

La gamme des produits industriels stockés est étendue et leurs caractéristiques sont très différentes





### I.2.3 Les réservoirs sous pression

#### I.2.3.1 Les sphères

Elles représentent la forme idéale pour les stockages forte pression car c'est sur ce type de coque que le niveau des contraintes de membrane reste le plus faible. Elles permettent de réaliser économiquement des capacités importantes.

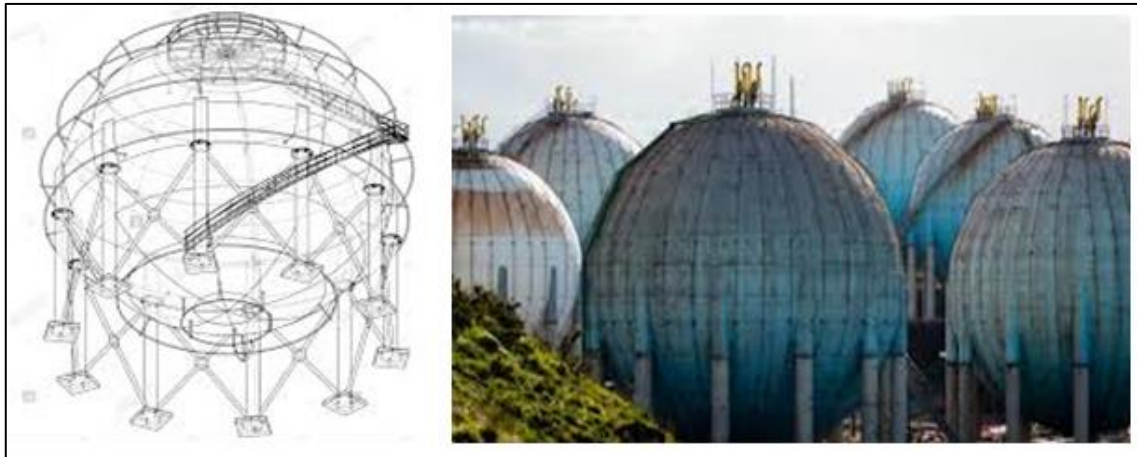


Figure I. 2 Réservoir sphériques

#### I.2.3.2 Les sphéroïdes

Ils sont utilisés comme moyen de stockage intermédiaire entre les réservoirs cylindriques verticaux faible pression et les ballons ou les sphères sous forte pressions.

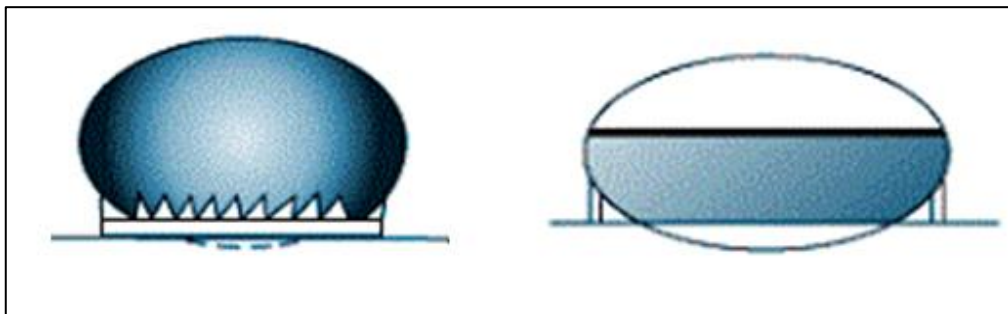


Figure I.3 Les sphéroïdes

#### I.2.3.3 Les ballons

Ce genre de réservoir est destiné en premier choix le stockage des produits qui nécessitent une pression importante, ils peuvent être aérien ou placés sous un talus de terre.

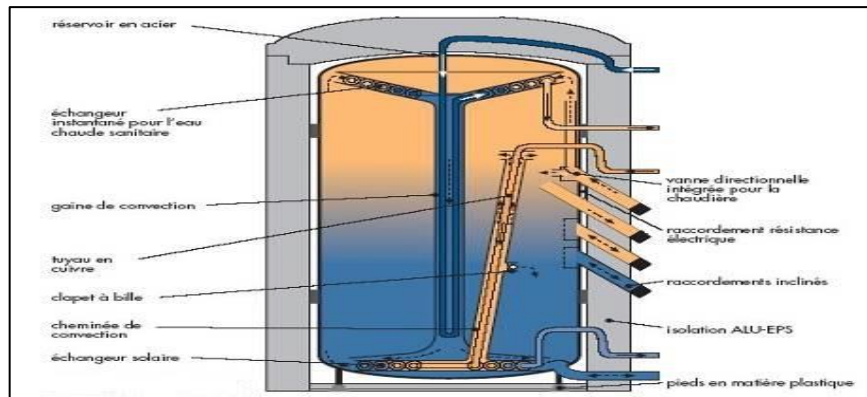


Figure I.4 Les ballons

### I.2.3.4 Les réservoirs cylindriques

Les réservoirs cylindriques verticaux à fond plat que l'on peut différencier par le type de couverture.



Figure I.5 Réservoirs cylindriques

### I.2.4 Les bacs ouvertes (sans toit)

Les cuves ouvertes ne comportent pas de toit et leur emploi est limité aux quelques liquides que l'on peut, sans danger, pour leur qualité ou pour l'environnement, exposer à l'air libre.



Figure I.6 Bacs ouvertes

### I.2.4.1 Les réservoirs à toit fixe

Les réservoirs à toit fixe permettant une meilleure conservation des liquides faible tension de vapeur qui sont plutôt dangereux ou polluants.

#### ❖ Réservoir a toit fixe supporté

Les toits fixe supportés ont est un profil conique assez plat avec une pente recommandée de 1/16 ou 1/13, notamment lorsque le toit est calorifugé.

Ces toits sont construits d'une charpente supportée par un ou plusieurs poteaux, en tubes ou en profilés, qui s'appuient sur le fond de l'ouvrage.

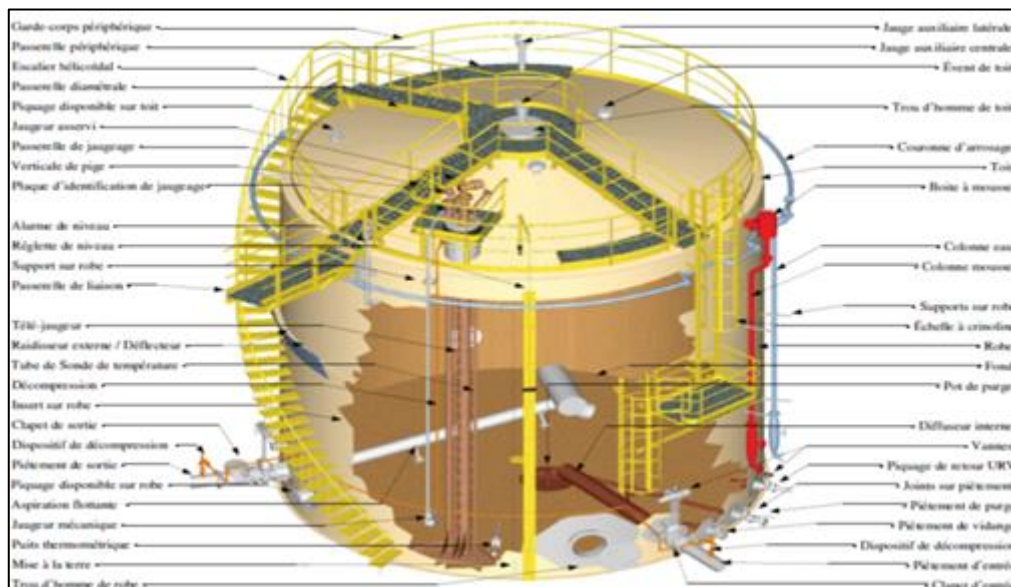


Figure I.7 Réservoir toit fixe supporté par poteau central

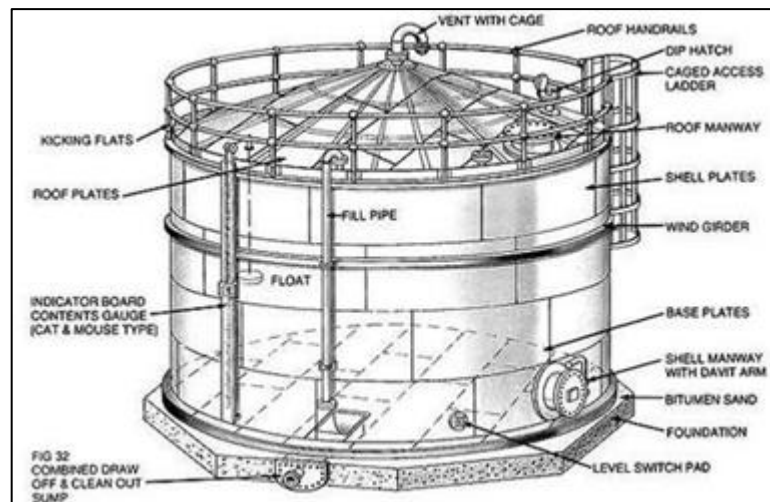


Figure I.8 Réservoir à toit fixe supporté par plusieurs poteaux.

❖ Réservoir a toit fixe autoportant :

Les toits fixes autoportants sont soit coniques avec une pente de  $1/5$  ou  $1/6$ , soit sphérique avec un rayon de courbure compris entre 0,8 et 1,5 fois le diamètre du réservoir.

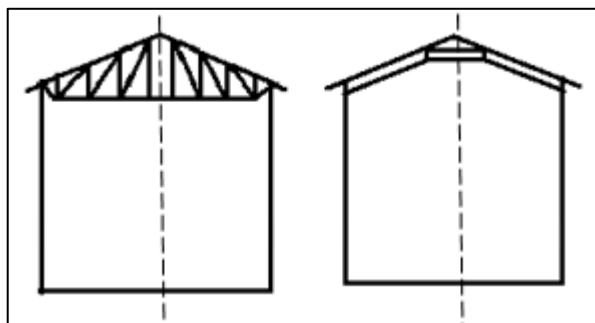


Figure I.9 Réservoir à toit fixe autoportant

Entre ces deux types il existe aussi :

❖ Réservoir à toit fixe et écran flottant :

ce sont des réservoirs a toit fixe dans les quels est installés un toit flottant, également désigné sous l'appellation d'écran flottant, leurs toitures sous soit supporté ou autoportant.



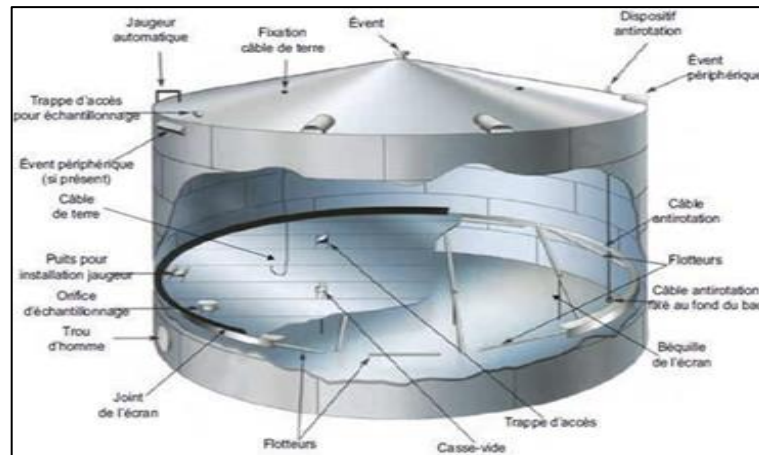


Figure I.10 Réservoir à écran flottant

#### I.2.4.2 Les réservoirs à toit flottants

Les toits flottant couvrant et flottant sur la surface du liquide contenant dans le réservoir, cette catégorie de réservoirs est destinée à contenir des liquides volatils.

##### ❖ Les réservoirs à toit flottants simple pont :

Ils sont constitués par une membrane circulaire centrale, appelée pont, qui repose directement sur le liquide stocké et qui est bordée sur sa périphérie par un **caisson annulaire** continu divisé par des **cloisons radiales** en **compartiment** étanches au liquide. Le but de ces compartiments est d'assurer la flottabilité de la structure, en service normal, en cas d'accumulation d'eau de pluie sur le pont, ou lors d'une éventuelle crevaison de ce pont.

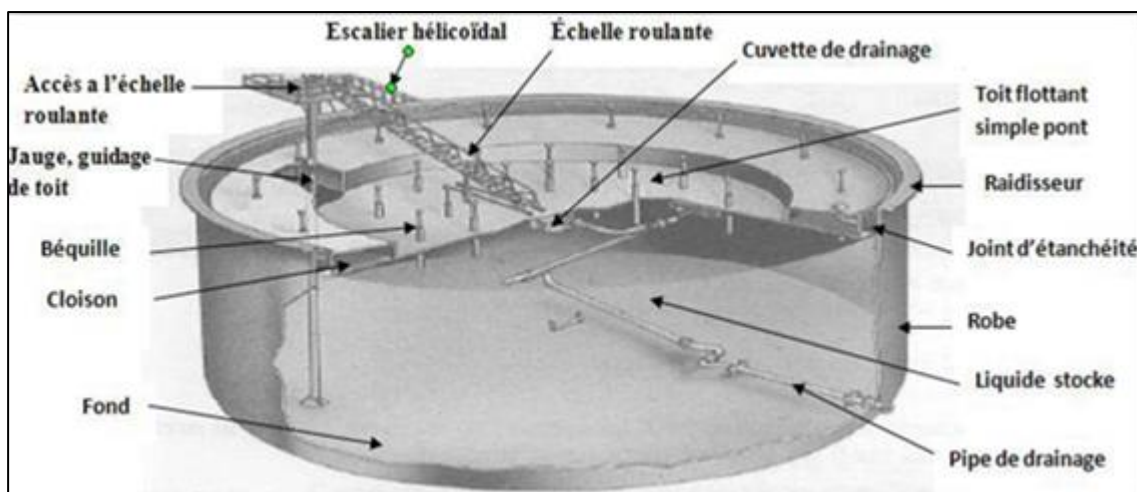


Figure I.11 Réservoir à toit flottant simple pont

La surface du caisson annulaire représente environ 20 à 25 % de la surface du toit sauf pour les petits réservoirs où elle peut atteindre 35 %. La partie inférieure de ce

caisson peut être horizontale, mais elle est le plus souvent réalisée avec une pente, orientée vers le haut et le centre du réservoir voire la figure

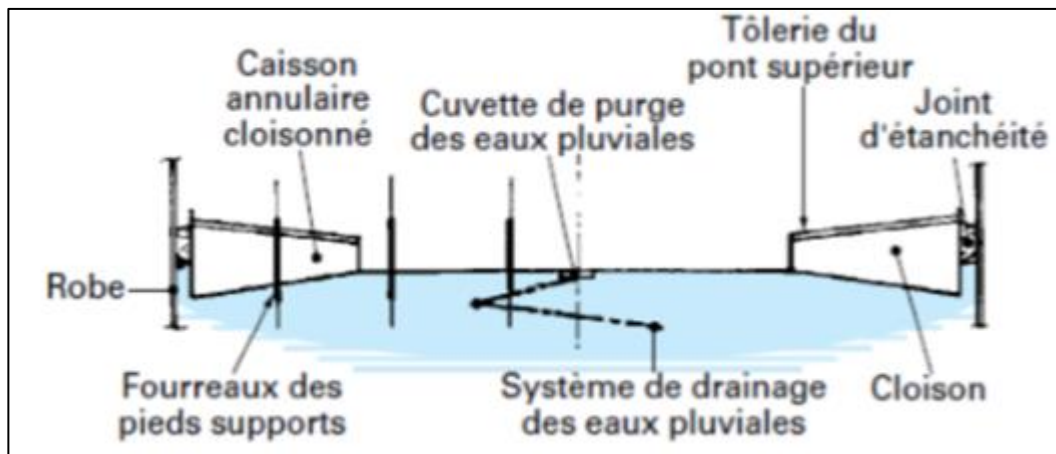
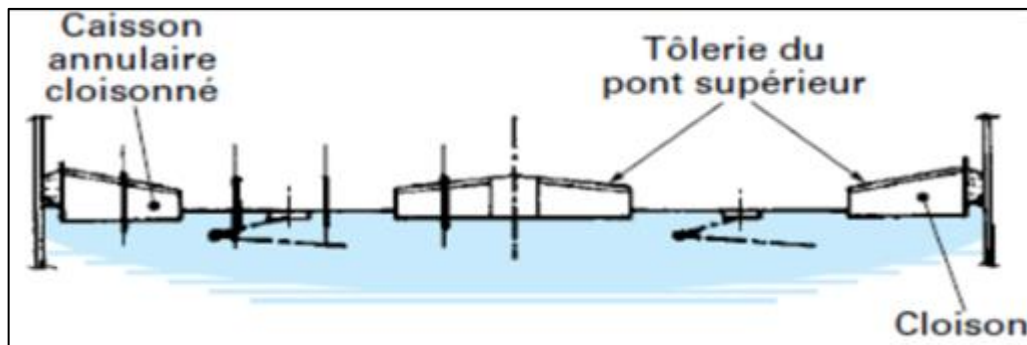


Figure I.12 Simple pont

Cela permet de diriger et de piéger sous le pont central les vapeurs émises par le produit, sous l'effet de la chaleur ambiante. La flexibilité du pont central permet ainsi à ces vapeurs de former un dôme gazeux qui agit ensuite comme un isolant au-dessus du liquide jusqu'à ce que la température extérieure baisse et que, par condensation, ces vapeurs retournent à l'état liquide. La partie supérieure du caisson a une pente inverse qui draine les eaux de pluie, ou celles provenant de la fonte des neiges, vers le pont central à partir duquel elles sont ensuite évacuées à l'extérieur du réservoir. Le drainage se fait par le centre du pont au moyen d'une canalisation flexible ou articulée, placée sous le toit flottant, qui chemine dans le produit jusqu'à une tubulure située au bas de la robe.

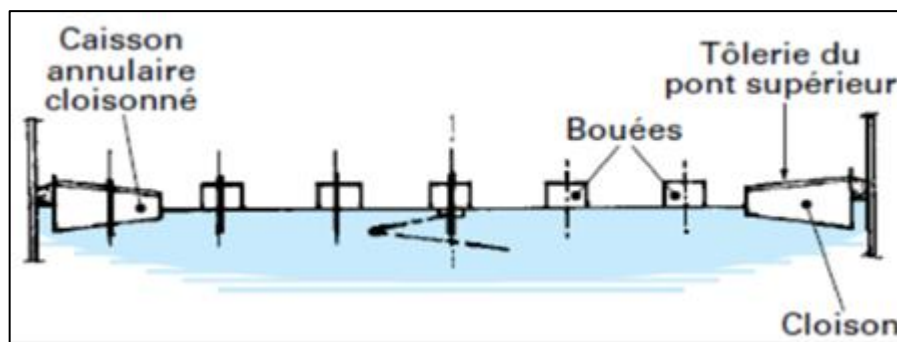
Le **pont centrale** est réalisé à l'aide de tôles rectangulaires, ayant une épaisseur minimale de 5 mm, assemblées par recouvrement et soudées sur leur face supérieure. Les ponts supérieur et inférieur du caisson annulaire sont également constitués de tôles de 5 mm d'épaisseur, mais, en revanche, les couronnes sont souvent plus épaisses. Le toit flottant comporte une série de **piéd support** tubulaires disposés régulièrement sur le caisson annulaire et sur le pont central. Ils servent à poser le toit flottant sur le fond du réservoir. Ces pieds sont réglables en altitude par l'intermédiaire de fourreaux soudés au toit. Ils permettent de placer le toit soit en position basse de service, soit en position haute de nettoyage. Les fourreaux des pieds supports doivent avoir une longueur suffisante sous le toit pour éviter la fuite vers l'atmosphère des vapeurs piégées sous le pont central. Toit flottant simple pont **avec caisson**

**centrale** sur lequel un caisson de flottabilité cylindrique a été ajouté au centre du pont voire la figure.



*Figure I.13 Simple pont avec caisson central*

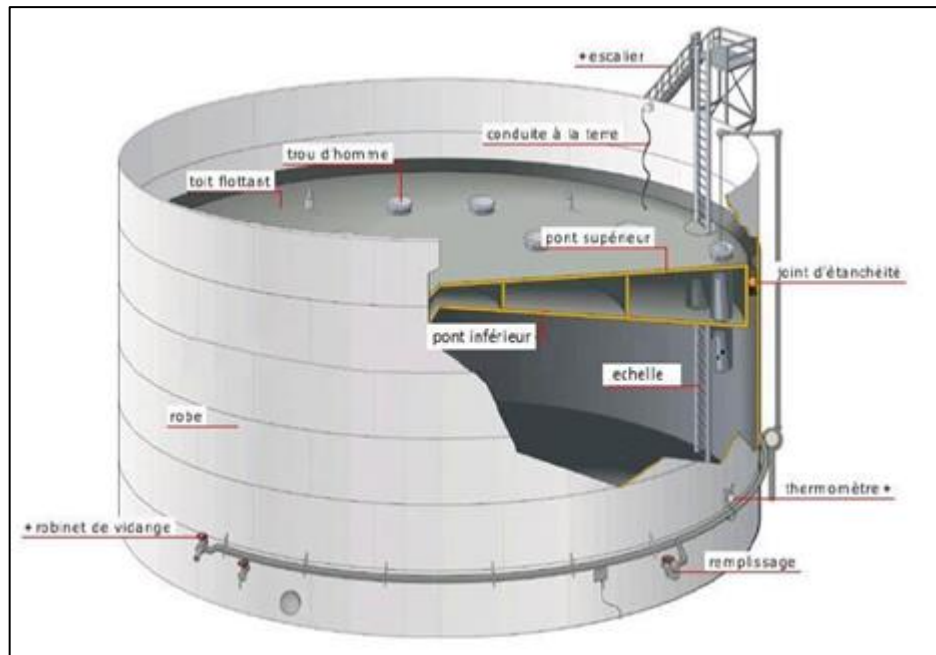
Toit flottant simple pont avec bouées multiples qui comporte un ensemble de petits caissons fermés, cylindriques ou cubiques, disposés au-dessus du pont et sur toute sa surface suivant une maille régulière



*Figure I.14 Simple pont avec bouées multiples*

#### ❖ Réservoir à toit flottant double pont :

Ils sont constitués de deux voiles circulaires en tôle (le **pont inférieur** en contact avec le liquide et le **pont supérieur** avec l'air ambiant) qui couvrent tous deux la surface complète du réservoir. Ces ponts sont séparés par une série de **couronnes** concentriques verticales formant des **caissons de flottaison** étanches au liquide. Le **caisson annulaire extérieur** est de plus divisé en **compartiments** par des **cloisons radiales**, également étanches au liquide. La **flottabilité** du toit doit être assurée avec deux compartiments ou caissons quelconques percés en cas d'accumulation d'eau sur le toit voire la figure.



*Figure I.15 Réservoir à toit flottant double pont*

La charge d'eau à considérer correspond à une chute d'eau de 250 mm sur 24 h Le pont inférieur est le plus souvent plat, mais peut être construit avec une légère conicité vers le haut.

Quelle que soit sa configuration, le toit double pont possède une capacité de déformation suffisante pour piéger les évaporations au centre du toit. Les effets de la température extérieure sont d'ailleurs bien moindres sur ce type de toit, car le matelas d'air qui existe entre les deux ponts constitue une excellente isolation thermique au-dessus du liquide.

Le pont supérieur repose sur des chevrons en profilés, installés radialement entre les couronnes concentriques qui séparent les deux ponts. Il comporte une pente qui favorise le drainage des eaux vers le centre du toit.



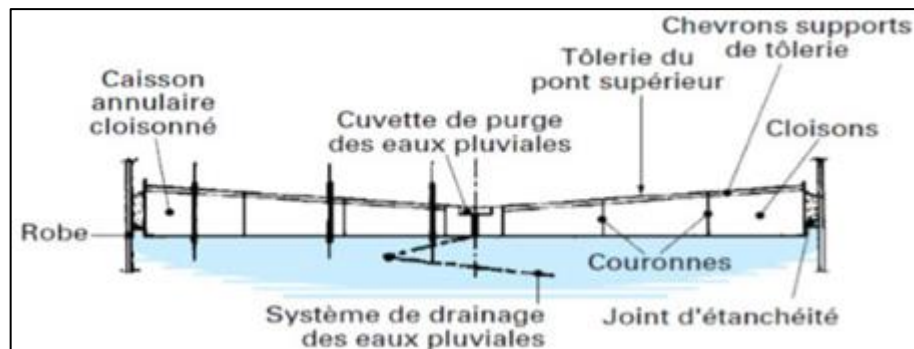


Figure I.16 Double pont avec simple pente

### I.3 LES AVANTAGES D'UN BAC A TOIT FLOTTANT

Les toits flottants couvrent et flottent sur la surface du liquide contenu dans les réservoirs équipés de ce type de toit

- Réduction des pertes de produit par évaporation
- Diminution des risques d'incendie
- Diminution de la pollution atmosphérique

Ceci est obtenu par l'élimination presque totale de l'espace vapeur au-dessous du liquide.

Les pertes à l'atmosphère de produits volatils par « respiration » (vidange et remplissage alternatifs et changement de température entre le jour et la nuit) sont ainsi pratiquement éliminées

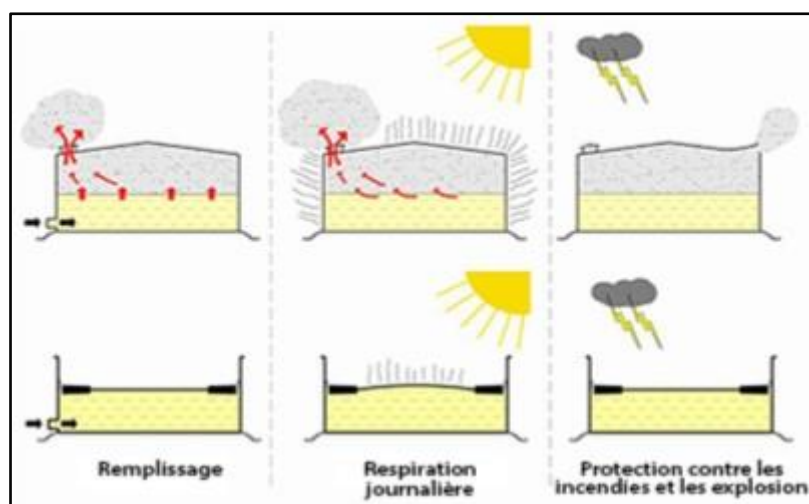


Figure I.17 Avantages du réservoir à toit flottant

**I.4 SOCIETE D'ETUDE ET DE REALISATION ENGTP**

L'entreprise au sein de laquelle nous avons effectué notre stage est l'**GTP** (Entreprise National de Grands Travaux Pétrolier) qui est une filiale de la première entreprise du continent africain **SONATRACH**.

Cette entreprise a été créée en 1967 dans le but de construire des installations destinées à la production, transformation, transport et distribution des hydrocarbures.

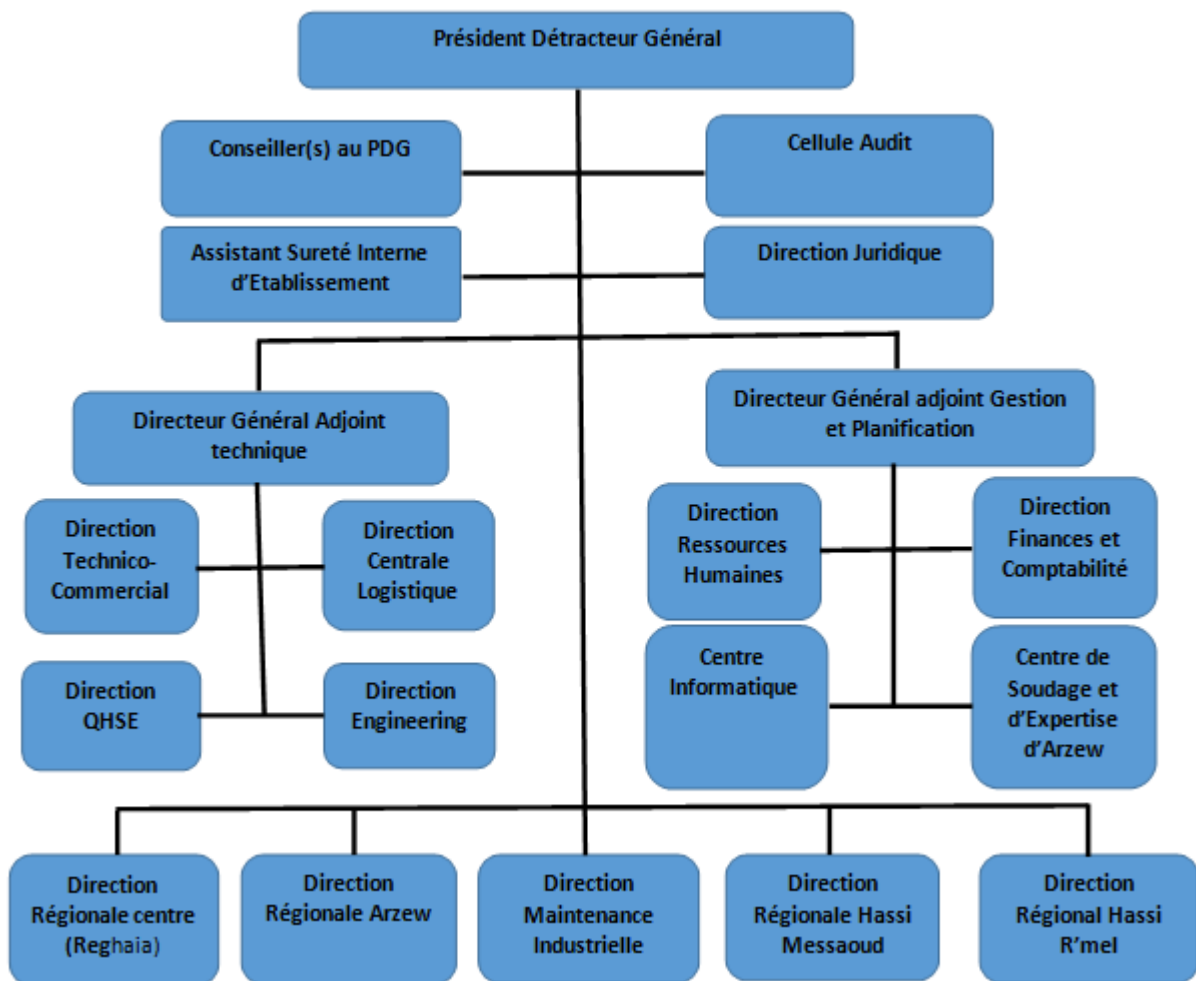
**ENGTP** est une entreprise de grande envergure spécialisée dans la construction en tous corps de métiers, de Grands Ensemble Industriels et de canalisations dans, principalement, les domaines des hydrocarbures.

Sa présence sur le marché depuis maintenant plus de 40 années, lui a permis de développer un large portefeuille d'activités et d'accumuler un savoir-faire, une expertise et des capacités qui l'ont hissé au statut d'Entreprise Leader.

**GTP** a collaboré avec les grands constructeurs internationaux (Générale Contractons) dans la réalisation de la majorité des installations dont dispose Sonatrach dans le secteur des Hydrocarbures.

Sans oublier qu'elle porte la première place en Algérie dans ce domaine, car elle utilise des machines de premier choix, et non seulement ça mais elle prend en valeur la sécurité de ses salariés en créant une politique qui de HSE (hygiène sécurité et environnement).

### I.4.1 Organigramme de GTP



### I.4.2 Mission

- Construction de Grand Ensemble Industriel dans le domaine des hydrocarbures et de l'énergie.
- Maintenance des Equipement et des Installations Industrielles.
- Pose de Canalisations (Pipelines).
- Ingénierie, approvisionnement et Contrôle de réalisation.
- Expertise et Contrôle dans le domaine du soudage.

### I.4.3 Activité

- **Génie civile et Bâtiment :**
  - Terrassements généraux et particuliers.
  - Fondations des équipements et des structures.
  - Bâtiments techniques, industriels et administratifs.
  - Infrastructures sociales (bâtiments).

- Génie civil lié à la construction de canalisations.
- **Montage industriel :**
  - Montage de structures métalliques.
  - Montage des équipements mécaniques.
  - Montage des tuyauteries.
  - Installation des équipements électriques.
  - Tirage de câble et raccords.
  - Peinture et Calorifugeage (sous-traitance).
  - Pré-Commissioning et Assistance à la mise en route d'instrumentation.
- **Pose de canalisations :**
  - Topographie.
  - Réalisation des pistes et tranchées.
  - Soudage et contrôle NDT.
  - Enrobage et mise en fouille.
  - Electricité et protection cathodique.
  - Remblai.
  - Tests Hydrostatiques.
  - Balisage et remise en état des lieux.
- **Préfabrication :**
  - Préfabrication de charpentes métalliques.
  - Préfabrication de tuyauteries.
- **Maintenance Industriel :**
  - Intervention préventive par la mise à disposition d'équipes spécialisées en maintenance industrielle.
  - Intervention curatives par la remise en état d'équipements ou d'organes d'unités en exploitations.
  - Arrêts programme des unités de production.
- **Domaines d'intervention :**
  - Production et Traitement des Hydrocarbures.
  - Collecte et transport des Hydrocarbures.
  - Raffinage et Pétrochimie.
  - Stockage et Distribution.

## **I.5 DESCRIPTION DU PROJET**

Le projet en la réalisation de 02nouveaux bacs de stockage au niveau du parc existant.

Il devra tenir compte des équipements et installation déjà en exploitation.

L'extension devra s'intégrer harmonieusement aux installations existantes déjà en exploitation.

Les présentations demandées devront être effectuée sans pour cela arrêter l'exploitation de l'installation existante.

Le projet prendra toutes les dispositions et fera en sorte à respecter les consignes de sécurité et le règlement algérien concernant le classement des hydrocarbures ainsi que la réglementation d'aménagement et d'exploitation des dépôts des hydrocarbure liquides.

### **I.5.1 Présentation de sujet**

- Capacité nominale : 25000 m<sup>2</sup>.
- Produit stocké : Pétrole brute.
- Densité du produit : 900 Kg/m<sup>3</sup>.
- Site : Hassi Messaoud W. Ouargla

### **I.5.2 Codes et normes**

- API 650 standard version 2013.
- A.S.T.M « American Society of Testing and Materials » : il définit par les essais de contrôle de qualité les caractéristiques mécanique et chimiques des matériaux ainsi que leur domaines d'applications.
- A.S.M.E « American Society of Mechanical Engineers » : il définit toutes les caractéristiques de construction des chaudières à vapeur et appareil chaudronnées sous pression.
- NV 65 « Neige et vent 65 ».

### **I.5.3 Données de calcul**

#### **Partie réservoir :**

- Type de réservoir : Réservoir à Toits Flottants Double Pont
- Repère: S128
- Implantation : Hassi messaoud

- Capacité nominale du réservoir : 25000  $m^3$ .
- Hauteur de la robe du réservoir : 17454  $mm$
- Diamètre nominale du réservoir : 45000  $mm$
- Produit de stockage : Pétrole brute
- Densité du produit :  $G=0.9Kg/m^2$
- Vitesse maximale de vent : 144 Km/h.
- L'acier utilisé : A 573Gr70 A283Gr C
- Surépaisseur de corrosion :
  - Fond : 3 mm
  - La robe : 1,2,3,4 *véroles* : 3mm Autres viroles : 1,5mm
  - Toit : pont supérieur : 1 mm. Pont inférieur : 1 mm

Codes et Normes d'étude utilisée :

- ❖ API STANDARD 650 12th EDITION, MARCH 2013 (Américain Pétrolium Institute).
- ❖ API2350.2005
- ❖ ASTM
- ❖ NV 65 Edition Avril 2000.
- ❖ Eurocode 3.
- ❖ Regales d'aménagement.
- ❖ ASTM (American society for Testing and material).
- ❖ ASME (American society of mechanical Engineers)

#### **I.5.4 Partie Tyauterie**

- Débit (entrées/sorties produit): 3300m<sup>3</sup>/h par produit.
- Débit (entrées/sorties produit) : 3300m<sup>3</sup>/h par produit.
- La pression : 5,03 *bar*.
- *Vasp* : la vitesse d'aspiration:( 0,8 m/s 1,8m/s)

**I.6 CHOIX DES MATERIAUX****I.6.1 L'acier de construction**

L'acier est un matériau issu de la réduction du minerai de fer ou du recyclage de ferrailles. Le fer est un élément très répandu dans l'écorce terrestre dont il représente 5 % mais on ne le trouve pas à l'état pur. Il est combiné avec d'autres éléments et mêlé à une gangue terreuse. La réduction de cet oxyde nécessite l'emploi d'un combustible : du charbon de bois jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, puis du charbon de terre. Le métal ainsi obtenu est de la fonte qui contient 96 % de fer et 3 à 4 % de carbone et à partir de laquelle on produit de l'acier.

L'utilisation de l'acier dans la construction remonte à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, bien que les métaux ferreux soient connus depuis environ quarante siècles. Auparavant on employait la fonte peut se mouler facilement mais se révèle cassante et impossible à forger. Il faut donc l'assembler à l'aide de boulons, de vis ou de clavettes. On est progressivement passé, à partir des années 1840, de l'usage de la fonte à celui du fer puddlé, la fonte étant affinée industriellement pour obtenir du fer pur, plus souple et plus facile à laminier, à percer et à forger. Le principe des rivets posés à chaud a permis de disposer d'un mode d'assemblage universel et facile à mettre en œuvre.

C'est une cinquantaine d'années plus tard que l'acier a pu être produit de façon industrielle et s'imposer ainsi à partir des années 1890 comme le matériau de la construction métallique, avec des caractéristiques physiques bien supérieures au fer grâce à la présence de traces bien dosées de carbone et d'autres éléments chimiques. L'assemblage s'est d'abord fait avec des rivets, puis, à partir des années 1930, par la soudure ou le boulonnage. La sidérurgie n'a cessé de perfectionner les qualités de ses aciers. La masse volumique de l'acier est de 7850 kg/m<sup>3</sup>. Un mètre cube d'acier pèse donc près de 8 t.

**I.6.2 Critères de choix des matériaux**

Les principaux critères de choix d'un matériau sont :

- a) La capacité du matériau de subir sans détérioration notable, les sollicitations de service.
- b) La fiabilité de mise en œuvre.
- c) La disponibilité sur le marché.
- d) D'après les exigences réglementaires et de maître d'ouvrage et en plus le coût.
- e) Epaisseur des tôles.

Basant sur ces critères de choix, l'acier utilisé pour les réservoirs de stockage d'hydrocarbure À pression contrôlée et À température ambiante sera l'A 283 Gr C et le A 573 Gr 70.

**I.6.3 Choix des aciers des tôles**

Les nuances d'aciers choisis pour la construction de réservoir sont

- Pour la robe l'acier utilisé est : A 573Gr70 pour tous les viroles
- Pour les tôles du fond : l'acier utilisé est *le A283 Gr C*.
- Pour les tôles marginales : l'acier utilisé est le A 573Gr70.
- Pour les tôles du toit : l'acier utilisé est l'A283 Gr C.

➤ **A 573 Gr 70 :**

*Tableau I.1 Composition chimique d'A573 Gr 70*

Nuance	C%	Mn %	Si%	P%	S%	Cr%	Ni%	Mo%	Cu%
A 573 Gr 70	0,24	0,8	0,50	0,35	0,35	0,25	0,25	0,08	0,35

*Tableau I. 2 Caractéristiques mécaniques d'A573 Gr 70*

Nuance	Limite d'élasticité minimale $\sigma_e$ (Mpa)	Résistance a la traction minimale (Mpa)	Allongement %
A 573 Gr 70	290	480	21

**La vérification de soudabilité de matériau A573 Gr 70 :**

Avant d'entamer le soudage il faut vérifier est-ce que le matériau est soudable ou non en utilisant la formule suivante:(carbone équivalente).

$$Ce = C\% + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Nr+Mo+V}{10}$$

(BRWA–British welding research association)

Tel que :

CE : Pourcentage de carbone équivalent.

Si  $CE < R0,45$  alors on a une bonne soudabilité.

Si  $0,45 < CE < R0,6$  on a un Préchauffage.



Si  $CE > R0,6$  problème très particuliers

$$Ce = C\% + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{20} + \frac{Mn}{10}$$

Condition :  $Ce < 0,45$

Calcul de là  $Ce$  :

$$Ce = 0,24 + \frac{0,80}{20} + \frac{0,25}{15} + \frac{0,08}{10} = 0,30$$

On trouve que  $Ce < 0,45$  donc : le matériau a une bonne soudabilité ne pas besoin de préchauffage.

➤ **A283 Gr C :**

*Tableau I.3 Composition chimique d'A283 Gr C*

Nuance	C%	Si%	P%	S%	Mn%
A283 Gr C	0,2	0,4	0,055	0,04	0,9

*Tableau I. 4 Caractéristiques mécaniques A283 Gr C*

Nuance Limite d'élasticité	Limite d'élasticité minimale $\sigma_e$ (Mpa)	Résistance à la traction minimale (Mpa)	Allongement %
A283 Gr C	205	380	25

**La vérification de soudabilité de matériau A283 Gr C :**

$$CE = C\% + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Nr+Mo+V}{10}$$

(BRWA–British welding research association)

Tel que :

- $CE$  : Pourcentage de carbone équivalent ;
- Si  $CE < R0,45$  alors on a une bonne soudabilité ;
- Si  $0,45 < CE < R0,6$  on a un Préchauffage ;
- Si  $CE > R0,6$  problèmes très particuliers.

$$Ce = C\% + \frac{Mn}{20} = 0,21 + \frac{0,90}{20} = 0,255$$

On trouve que  $CE < 0,45$  donc : le matériau a une bonne soudabilité. ne pas besoin de préchauffage.

## **I.7 CONCLUSION**

Le domaine de la technologie de stockage est tellement vaste qu'on n'pas peut mentionner tous les types réservoirs, donc on a bien évidemment cité les procédés les plus utilisés dans les parcs de stockages de notre pays.

# II. **Chapitre II**

## II.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, on détermine les pressions du vent agressants sur les parois de la structure, la norme utilisée à ce propos est RNV65.

Les réservoirs à toit flottant sont des bacs aériens, ce qui nécessite une étude globale aux effets d'environnement afin d'éliminer la défaillance de la structure lors d'une surcharge qui sera imposé par l'effet de vent et de neige, et sur tous pour dégager le danger sismique.

## II.2 VERIFICATION DES CONDITIONS DE RESISTANCE ET DE STABILITE

La vérification des conditions de résistance et de stabilité d'une construction sous l'action des surcharges climatiques doit être faite obligatoirement dans les deux hypothèses suivantes :

- a) **Sous l'action de surcharges normales** : les sollicitations engendrées ne doivent pas causer de dommages aux constructions (état de service) Les surcharges à prendre en compte sont celles qui ont une probabilité convenablement fixée d'être atteintes une ou plusieurs fois dans une année.
- b) **Sous l'actions de surcharges extrêmes** : les sollicitations engendrées ne doivent pas mettre la construction ou une partie de celle-ci hors service c.- à-d (Une construction ou une partie de construction est mise hors service) lorsqu'elle cesse de remplir la fonction pour laquelle elle été conçue.

## II.3 ETUDE DE VENT

### II.3.1 Donnée de calcul

- Zone d'implantation : Hassi messaoud-Ouargla
- Vitesse de vent maxi : 40m /s
- Catégorie de construction : 06
- Catégorie de terrain : I
- Coefficient de site :  $K_s=1,3$ .
- Coefficient de masque :  $K_m=1$ .

### II.3.2 Principes de calcul

- Le calcul doit être effectuée séparément pour chacune des directions perpendiculaires aux différentes parois de la construction.

- Les actions du vent sont proportionnelles à la projection de la surface considérée dans un plan perpendiculaire à la direction de l'action du vent, appelé maitre-couple.
- Pour la détermination de l'action du vent, on distingue la catégorie I : cette catégorie regroupe l'ensemble des bâtiments et les ouvrages de stockage (d'eau, silos...etc.). Réservoir, châteaux

### II.3.3 Pression dynamique : $q$ (daN/m<sup>2</sup>)

La pression dynamique  $q$  en daN est donnée en fonction de la vitesse du vent en mètre par seconde par la formule suivante :

$$q_{\text{extrême}} = v^2/16,3 = \frac{40^2}{16,3} = 98,16 \text{ daN/m}^2 \qquad q_{\text{extrême}} = 98,16 \text{ daN/m}^2$$

### II.3.4 Pression dynamique normale et pression dynamique extrême

On doit envisager dans les calculs une pression dynamique normale et une pression dynamique extrême ; le rapport de la seconde à la première est pris égal à 1,75. (NV65 version 2000, § 1.22 page 24)

$$\frac{q_{\text{extr}}}{q_{\text{normal}}} = 1,75$$

### II.3.5 Pression dynamique de base

Les pressions dynamiques de base normale et extrême sont celles qui s'exercent à une hauteur de 10m au-dessus du sol, pour un site normal, sans effet de masque sur un élément dont la plus grande dimension est égale à 0,50 m

On a la valeur de la vitesse extrême de vent est :  $v_{\text{extrême}} = 144\text{km/h} = 40\text{m/s}$ . Donc la pression dynamique extrême de vent est :

$$q_{10(\text{extrême})} = \frac{v^2}{16,3} = \frac{40^2}{16,3} = 98,16 \text{ daN/m}^2$$

$$q_{10(\text{normale})} = ?$$

$$\frac{q_{10(\text{extrême})}}{q_{10(\text{normale})}} = 1,75 \quad \rightarrow \quad q_{10(\text{normale})} = \frac{q_{10(\text{extrême})}}{1,75} = \frac{98,16}{1,75} = 56,9 \text{ daN/m}^2$$

D'après les valeurs de  $q_{10(\text{normale})}$  et  $nq_{10(\text{extrême})}$  notre région de catégorie II\* (tableau V,P25 D'après NV65)

### II.3.6 Modification des pressions dynamiques de base

#### II.3.6.1 Effet de la hauteur au-dessus du sol

Soit  $q_H$  la pression dynamique agissant à la hauteur  $H$  au-dessus du sol exprimé en mètres,  $q_{10}$  la pression dynamique de base à 10 m de hauteur.

La variation de la vitesse du vent avec la hauteur  $H$  dépend de plusieurs facteurs : le site, la vitesse maximale du vent et le freinage du au sol.

Pour  $H$  compris entre 0 et 500 m, le rapport entre  $q_H$  et  $q_{10}$  est défini par la formule (NV65 § 1.241, page 28) :

$$\frac{q_H}{q_{10}} = 2,5 \frac{H+18}{H+60} : \text{la hauteur } H \text{ est comptée à partir du sol } (H_{\text{optimal}}).$$

$$\text{On a : } (H_{\text{optimal}}) = 19,2\text{m}$$

Donc :

#### A/ Calcule de $q_H$ normale :

$$q_{H(\text{normale})} = q_{19,2(\text{normale})} = 2,5 q_{10(\text{normale})} \frac{H+18}{H+60}$$

$$q_{19,2(\text{normale})} = 2,5 \times 56,9 \times \frac{19,2+18}{19,2+60} = 66,81 \text{ daN/m}^2$$

#### B/ Calcule de $q_H$ extrême

$$q_{H(\text{extrême})} = q_{19,2(\text{extrême})} = 2,5 q_{10(\text{extrême})} \frac{H+18}{H+60}$$

$$q_{19,2(\text{extrême})} = 2,5 \times 98,16 \times \frac{19,2+18}{19,2+60} = 115,26 \text{ daN/m}^2$$

$$q_H(\text{normale}) = 66,81 \text{ daN/m}^2$$

$$q_H(\text{extrême}) = 115,26 \text{ daN/m}^2$$

#### II.3.6.2 Effet de site

A l'intérieur d'une région à laquelle correspondent des valeurs déterminées des pressions dynamiques de base il faut tenir compte de la nature du site d'implantation de la construction, il y a trois types de sites : Site protégé ; Site normale ; Site exposé. Les valeurs des pressions dynamiques de base normale et extrême définies précédemment doivent être multipliées par un coefficient de site  $k_s$  on a un site normal dans la région II donc :  $k_s = 1,3$

### II.3.6.3 Effet de masque

Il n'y a pas un effet de masque parce que notre construction n'est pas masquée ni partiellement ni totalement par d'autres constructions ayant une grande probabilité de durée ; donc le coefficient de masque  $k_m=1$ .

### II.3.6.4 Effet des dimensions

Le coefficient de réduction  $\delta$  des pressions dynamiques tient compte de la variation de la pression dynamique moyenne du vent en fonction de la dimension de la surface frappée et dans notre cas on a un réservoir cylindrique donc la surface frappée par le vent est la même. La hauteur du réservoir  $H = 19.2m \leq 30m$  et la plus grande dimension (horizontale ou verticale) de la surface offerte au vent (maitre-couple) Est le diamètre  $D = 45 \delta=0, \leq 1$ ..... (NV65 §1 ,244 page 29)

### II.3.6.5 Réduction maximale des pressions dynamiques de base

Pour les constructions définitives, la totalité des réductions autorisées par les règles « Effet de masque » et « Effet des dimensions » ne doit, en aucun cas, dépasser 33%.

On a :  $q_H (normale) = 124,75 \text{ daN/m}^2$  ;  $q_H (normale) \text{ éduite} = k_m \cdot \delta \cdot q_H (normale)$   
 $= 1 \times 0,73 \times 66,81 = 48,77 \text{ daN/m}^2$

$q_H (normale) \text{ éduite} = 48,77 \text{ daN/m}^2$

$q_H (extrême) \text{ réduite} (= k_m \cdot \delta \cdot q_H (extrême)) = 1 \times 0,73 \times 115,26 = 84,13 \text{ daN/m}^2$

$q_H (extrême) \text{ réduite} = 84,13 \text{ daN/m}^2$

Les valeurs de  $\delta$  à partir de graphe dans le NV65 (figure R-III-9 page 50)

$q_H (normale) \text{ éduite} = 48,77 \text{ daN/m}^2$  ; Réduction = 27% < 33% **donc autorisé**

$q_H (extrême) \text{ réduite} = 84,13 \text{ daN/m}^2$  ; Réduction = 27% < 33% **donc autorisé**

## II.3.7 Dispositions des constructions

### II.3.7.1 Rapport de dimensions $\lambda$

#### II.3.7.1.1 Classement des constructions en catégories

Les Règles définissent les constructions d'après :

a) leur forme d'ensemble : cylindre lisse à base circulaire Sans nervure et possédant un poli spéculaire et durable.

b) leur position dans l'espace : réservoir vertical reposant sur le sol ou accolées à un plan de grandes dimensions.

c) La perméabilité de leurs parois  $\mu$  : réservoir fermé  $\mu \leq 5\%$ .

Notre construction est de catégorie VI.

(Cylindre lisses à base circulaire sans nervure et possédant un poli spéculaire et durable).

$$\lambda = \frac{H}{D} = \frac{17.454}{45} = 0.38$$

$$\lambda = 0,38 < 1 \implies \gamma = \mathbf{0,9} \text{ (NV 65 diagramme R-III-5, page 37)}$$

### II.3.7.2 Coefficient global de traînée

Pour un rapport de dimension quelconque, le coefficient global de traînée ?

L'équation globale de traînée est donnée par :

$$C_t = \gamma \times C_{t0} \dots \dots \dots \text{(NV65, §3,2, page 53)}$$

Il dépend de : - la rugosité de surface :  $\nu = 14,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (Coefficient de viscosité) ; - le nombre de REYNOLDS

$$R_e = \frac{V \times D}{\nu} = 4,7 \times 10^5$$

Tel que :

V : Vitesse de vent en (m/s)

D : Diamètre (m)

$\nu$  : Rugosité de surface en (m<sup>2</sup>/s)(viscosité cinématique).

$$R_e = \frac{V \times D}{\nu} = 4,7 \times 10^5$$

$$D = \frac{R_e \times \nu}{V} = \frac{4,7 \times 10^5 \times 14,4 \times 10^{-6}}{40} = 0,15$$

$$D = 0,15 < 0,28 \text{ (P53 NV65)}$$

$$D \times \sqrt{qH_{(extrême)}} = 0,15 \times \sqrt{115,26} \geq 1,50$$

$$\text{Donc: } C_{t0} = 0,45$$



$$C_t = \gamma \times C_{t0}$$

$$C_t = 0,9 \times 0,45 = 0.405$$

**II.3.8 Actions statiques exercées par le vent**

**II.3.8.1 Actions extérieures**

Pour un cylindre de catégorie 6 les actions extérieures sont données sous forme polaire. Le coefficient de pression (Ce) est donné en fonction de  $\gamma$  et de l'angle d'inclinaison  $\alpha$  du plan tangent à la surface courbe sur la direction du vent.

On fait une interpolation linéaire : **(Ce =  $\gamma \cdot a + b$ )**

1 ère on fait une interpolation linéaire

$$\text{Pour } \alpha=0 \text{ on a : } \left\{ \begin{array}{l} \gamma = 1, Ce = -1,2 \quad -1,2 = 1 a + b \text{ --- (1)} \\ \gamma = 1,3, Ce = -1,6 \quad -1,58 = 1.3 a + b \dots (2) \end{array} \right.$$

(1) et (2)  $\Rightarrow a = -1$ , et  $b = 0,07$

Donc  $Ce = -1,27 \gamma + 0,07 = -1,27 (0,9) + 0,07 = -1,073$

**Ce = -1,073**

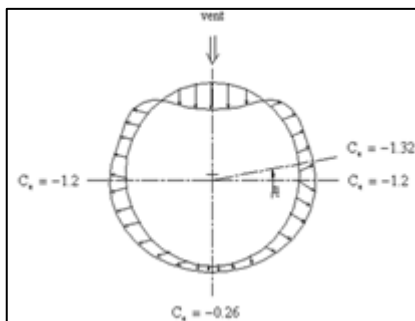
2ème la fonction de l'extraction égale à la fonction de l'interpolation

Donc : pour  $\gamma = 0,9$ .

On fait une répétition pour  $\alpha = 50^\circ, 90^\circ, -60^\circ$  et  $-90^\circ$

*Tableau II.1 Valeur de Ce*

A	$\gamma$	Ce
50	0.9	0
90	0.9	1
-60	0.9	-0.2
-90	0.9	-0.2



*Figure II.1 Les actions extérieure de vent*

### II.3.8.2 Actions intérieures

Dans les constructions fermées, ouvertes ou partiellement ouvertes les volumes intérieurs. Compris entre les parois peuvent être dans un état de surpression ou de dépressions suivant l'orientation des ouvertures par rapport au vent et leur importance relative. Il en résulte sur les faces intérieures des actions dites actions intérieures. Les actions intérieures sont caractérisées par un coefficient  $C_i$ . Notre : construction est de catégorie VI, on applique sur la face intérieure, soit une Surpression, une dépression NV65 tableau 17 pages 99.

- Cas 1 réservoir plein : Construction fermée les parois ont une perméabilité :  $\mu \leq 5\%$ .

- **Surpression** :  $C_i = 0,6(1,10 - Ct) = 0,6(1,10 - 0,405) = 0,417$

$$C_i = 0,417$$

**Dépression** :  $C_i = -0,6(1,10 - Ct) = -0,6(1,10 - 0,440) = -0,417$

$$C_i = -0,417$$

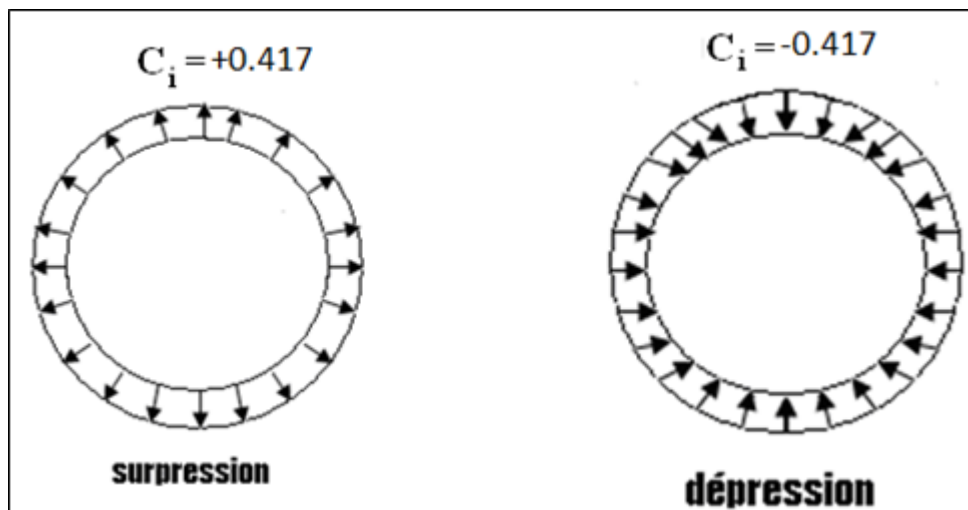


Figure II.2 Surpression et dépression plein cas réservoir

### Cas 2 réservoir vide ou à moitié plein

Pour les constructions ouvertes à leurs parties supérieures, on applique une dépression Uniforme égale à :  $-0,3q$ .  $q = qh = 167,67 \text{ daN/m}^2$  Étant la valeur de la pression dynamique au sommet de la Construction.  $-0,3q = -0,3 * 167,67 = -50,30 \text{ daN}$

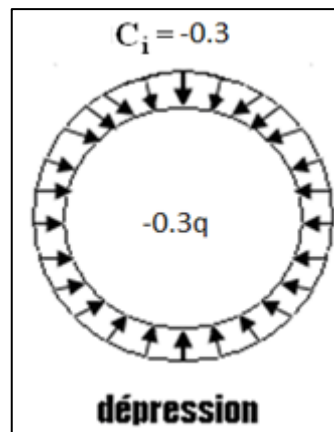


Figure II.3 Actions intérieures au vent réservoir vide

**Remarque :**

Le cas le plus défavorable, est le 2<sup>ème</sup> cas (réservoir vide ou moitié remplis), le toit joue un rôle de raidisseur

**II.3.8.3 Actions résultantes unitaires sur les parois**

- **Construction fermée (réservoir plein) :**

a) **Action extérieure + action intérieur (surpression) :  $C_e - C_i$**

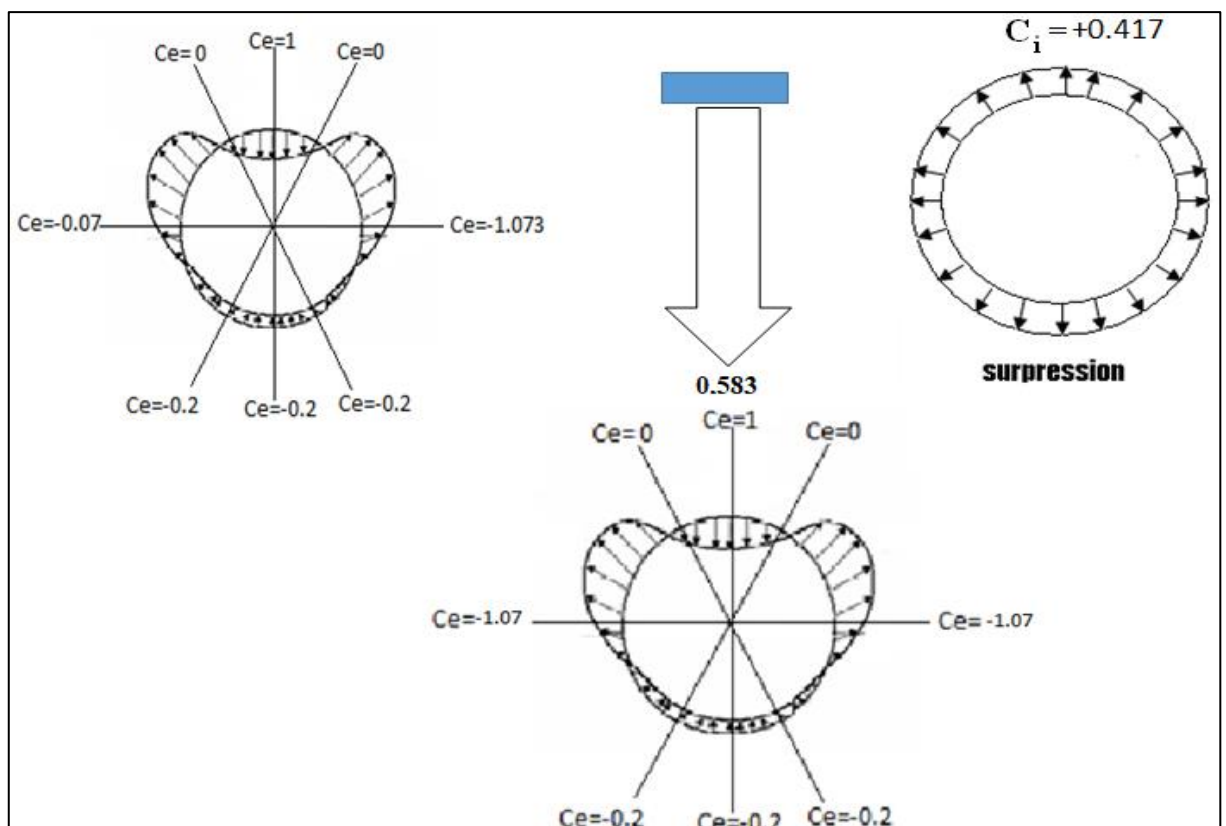


Figure II. 4 Action extérieure + action intérieure (surpression)

b) Action extérieure + action intérieure

(Dépression):  $C_e - C_i$

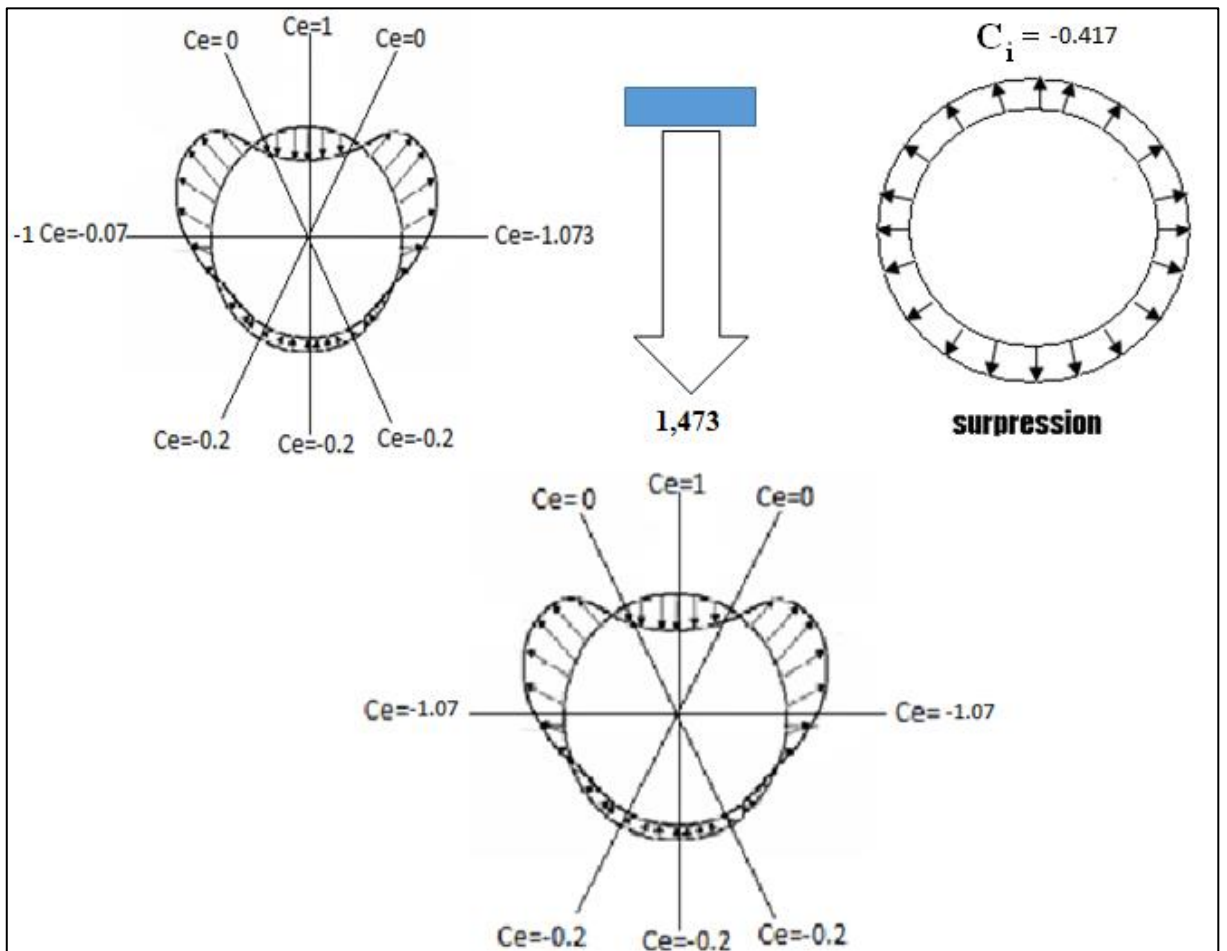


Figure II. 5 action extérieure + action intérieure (dépression)

- Construction ouverte (réservoir vide)
- Action extérieure + action intérieur (dépression) :  $C_e - C_i$

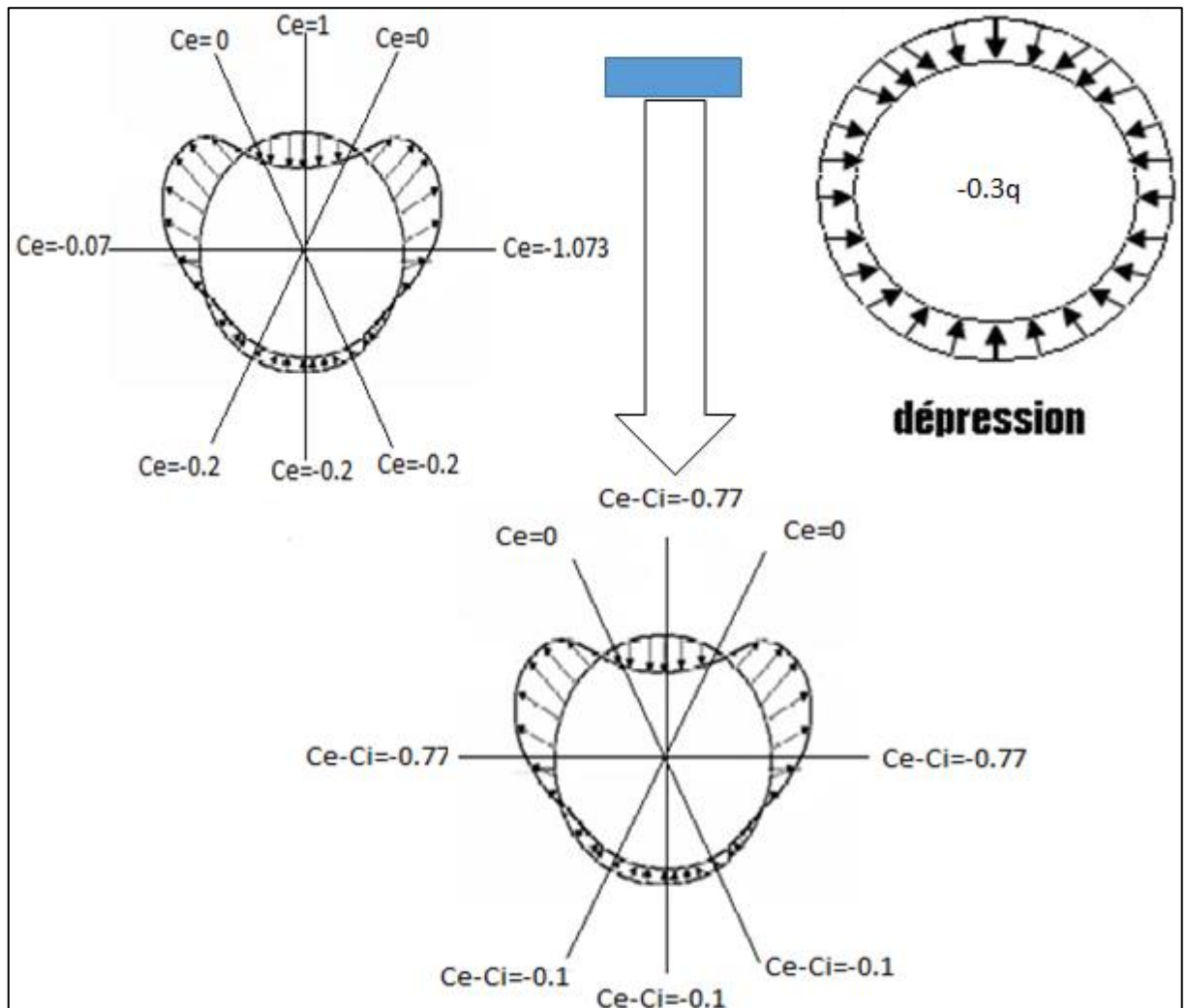


Figure II. 6 action extérieure + action intérieure

Le cas le plus défavorable, lorsque le réservoir est vide ou moitié remplis, le toit joue un rôle de raidisseur. De ce fait les contraintes de compression sont moins importantes

$$C_{max} = 1,49$$

### II.3.9 Effet du vent

$$Q = qh \times K_s \times K_m \times C_{max} \times \delta \times \beta \quad \text{Tel que :}$$

- $K_s=1,3$  : (coefficient de site) ;
- $K_m=1$  : (coefficient de masque) ;
- $B = ?$  : (coefficient de majoration) ;
- $\delta = 0,73$  : (coefficient de réduction des pressions dynamique)

- $C_{max} = 1,49$  (coefficient de résultant) ;
- $q_h = 115,26 \text{ daN/m}^2$  (la pression dynamique agissant la hauteur h) ;

**II.3.9.1 Actions parallèles à la direction du vent**

**II.3.9.1.1 Cas des surcharges normales**

Pour tenir compte de l'effet des actions parallèles à la direction du vent, les pressions dynamiques normales servant au calcul de l'action d'ensemble, sont multipliées à chaque niveau par un coefficient de majoration au moins égal à l'unité. Ce coefficient  $\beta$  est donné par la formule :  $\beta = \theta (1 + \xi \tau)$  ..... (NV 65, §1,511, page 35) Dans laquelle :

$\xi$  : coefficient de réponse, est donné en fonction de la période T du mode fondamental d'oscillation.  $\tau$  : coefficient de pulsation, est déterminé à chaque niveau considéré en fonction de sa cote H au-dessus du sol.

$\theta$  : coefficient global dépendant du type de construction .construction de catégorie VI donc  $\theta = 1$

**a) Coefficient de réponse :**

$$T = 0,1 \times \frac{H}{\sqrt{D}} = 0,1 \times \frac{17,45}{\sqrt{45}} \qquad \qquad \qquad T = 2,60s$$

Donc à partir du diagrammes de la figure 13 NV65 Pag 57 :  $\xi = 2,6$

**b) Coefficient de pulsation :**

On a H=17.45 m à partir de l'échelle fonctionnelle de la NV65 Pag 58 figure RIII-4.

D'où :  $\tau = 0,355$

$$\beta = \theta (1 + \xi \tau) = 1 (1 + 2,6 \times 0,355) \qquad \qquad \qquad \beta = 1,92$$

**II.3.9.1.2 Cas des surcharges extrêmes**

Pour tenir compte de l'effet des actions parallèles a la direction du vent, les pressions dynamiques extrêmes servant au calcul de l'action d'ensemble sont multipliées par l'expression :

$$\beta_{extrm} = \beta_{normal} \times \left( 0,5 + \frac{\theta}{2} \right) = 1,92 \times \left( 0,5 + \frac{1}{2} \right) \qquad \qquad \qquad \beta_{extrm} = 1,92$$

$$Q = 115,26 \times 1 \times 1,3 \times 1,49 \times 0,73 \times 1,92 \qquad \qquad \qquad Q = 312,91 \text{ daN/ m}^2$$

### II.3.9.2 Action résultante totale sur une paroi

L'action résultante totale exercée sur une paroi courbe s'obtient en décomposant cette dernière en éléments assimilables à des parois planes de surface  $S$  et en faisant la somme géométrique des actions qui s'exercent perpendiculairement sur chacun des éléments ainsi déterminés par la formule :  $P = P_r \times S$

### II.3.9.3 Action d'ensemble sur une construction

L'action d'ensemble du vent soufflant dans une direction donnée sur une construction, est la résultante géométrique  $\mathbf{R}$  de toutes les actions  $\mathbf{P}$  sur les différentes parois de la construction.

- La direction de cette résultante diffère généralement de celle du vent. Pour certains ensembles elle peut se décomposer :
- Suivant la direction horizontale du vent en une composante  $\mathbf{T}$  (traînée) produisant un effet d'entraînement et de renversement ;
- Suivant une verticale ascendante en une composante  $\mathbf{U}$  (portance) produisant un effet de soulèvement et éventuellement de renversement.
- Dans quelques cas particuliers ces deux composantes peuvent être calculées directement à l'aide de coefficients globaux de traînée  $\mathbf{C_t}$  et de portance  $\mathbf{C_u}$ . Dans notre cas on calcule l'action parallèle à la direction de vent effort d'entraînement  $\mathbf{T}$  :

On a alors : 
$$T = C_t \times d \times \delta \times q_h$$

Où :

- $\delta$  : coefficient de réduction de pression dynamique.
- $d$  : la largeur du maître-couple (diamètre).
- $C_t$  : coefficient globale de traînée.
- $q_H$  : pression dynamique au niveau  $H$ .

Pour  $D=66,75$  :

- **Cas des surcharges normales** : Pour la pression maximale :

$$T_{statiq(normal)} = c_t \times d \times q_{h(normal)reduit} = 0,405 \times 45 \times 48,77$$

$$T_{statiq(normal)} = \mathbf{888,83 \text{ daN/m}}$$

- **Cas des surcharges extrêmes** :

$$T_{\text{statique(extrême)}} = C_t \times d \times q_{h(\text{extrême})\text{réduit}} = 0,405 \times 45 \times 115,26$$

$$T_{\text{statiq(extrm)}} = 2100,26 \text{ daN/m}$$

#### II.3.9.4 Action dynamique exercées par le vent

Aux effets statiques précédemment définis, s'ajoutent des effets dynamiques qui dépendent des caractéristiques mécaniques et aérodynamiques de la construction. On fait qu'actions parallèles à la direction du vent.

### II.4 CHARGE DE SABLE SUR LE TOIT DE RESERVOIR

D'après RNV 99 (P42) on va déterminer la charge nominale de sable à prendre en compte dans l'étude de notre réservoir implante dans la zone D.

#### II.4.1 Définition de la charge

La charge de sable résulte par l'accumulation des grains de sable déposés par le vent sur le toit de réservoir.

#### II.4.2 Action de la charge de sable

On a un toit de faible pente (la pente égale à 0.14%) inférieure à 5% donc on a pris la charge de sable sous forme d'une charge uniformément répartie. D'après région HASSI MESSOUD la charge de sable égale à 0.20 kN/m<sup>2</sup>.

### II.5 CONCLUSION

L'étude climatique nous a permis de déterminer les charges du vent et de sable les plus défavorable agissent sur le réservoir étudié.



# **iii. Chapitre III**

### III.1 DIMENSIONNEMENT DE RESERVOIR

### III.2 PRESENTATION DE LA NORME

Dans notre étude, on a utilisé la code API 650 STD (2013), le code et basé sur la connaissance et les expériences accumulées des acheteurs et fabricants des réservoirs en aciers soudés pour stockage des produits sous pression atmosphérique, de diverses tailles est capacités.

Il établit les conditions minimales pour le matériau, la conception, la fabrication, le montage pour ce type de réservoirs.

### III.3 CONCEPTION DE RESERVOIR

- Le diamètre de réservoir  $D = 45$  m et la capacité du réservoir  $C = 25000$   $m^3$

$$V = S \times HL \rightarrow V = \pi \times R^2 \times HL = \left[ \pi \frac{D^2}{4} \right] \times HL$$

**Avec:**

V : la capacité de réservoir.

S : la surface.

HL : la hauteur de liquide.

$$HL = \frac{4V}{3.14D^2} = \frac{4 \times 25000}{3.14 \times (45^2)} = 15.72$$

- La hauteur de réservoir  $H_r = HL + H_{mort} + H_{sécurité}$   
Selon API 650 (page 88)  $H_{mort} = 0.734$  m

#### III.3.1 Calcul la hauteur de la robe

**Données :**

- La hauteur de sécurité :  $H_s = 1$  m.

$$H_{réservoir} = H + H_{mort} + H_{sécurité}$$

$$H_{réservoir} = 15.72 + 0.734 + 1 = 17.454 \text{ m (la hauteur de réservoir } H_r).$$

#### III.3.2 Calcul de la capacité géométrique de réservoir :

$$C_g = 0.785 D^2 \times H_r = 0.785 \times 45^2 \times 17.454 = 27745.31 \text{ m}^3$$

$$C_g = 27745.31 \text{ m}^3$$

## III.4 CONCEPTION DE LA ROBE

### III.4.1 Introduction

Elle est constituée des rangées des tôles rectangulaires superposées, appelées viroles, qui sont soudées bout à bout. Les joints verticaux de ces tôles sont généralement décalés, à chaque changement de virole, L'épaisseur minimale de chaque virole est calculée à partir de formules simples définies dans le code API650 ; sa valeur dépend des dimensions de la cuve , de la masse volumique , du produit stocké, et des caractéristique mécanique des acier employer, des coefficients de sécurité imposé par le code , et de la température d'étude de la surépaisseur de corrosion retenue.

Chaque changement de virole, L'épaisseur minimale de chaque virole est calculée à partir de formules simples définies dans le code API650 ; sa valeur dépend des dimensions de la cuve, de la masse volumique, du produit stocké, et des caractéristiques mécaniques des aciers employer, des coefficients de sécurité imposé par le code, et de la température d'étude de la surépaisseur de corrosion retenue.

La robe est calculée pour résister à la pression latérale (différentes charges internes ou externes) qui s'exerce sur elle quand le bac est rempli du produit pour cela elle est l'élément important des réservoirs.

La liaison de la robe sur le fond ou sa bordure s'effectué par une double soudure d'angle, cet assemblage est très sollicité par la pression hydrostatique et les moments de rotation de la robe qui en découlent, il doit être considéré comme un détail important de la construction. La robe sera composée de tôles en acier de forme rectangulaire et de dimensions appropriées à la taille du réservoir.

Les tôles de robe devront être convenablement équerrées, chanfreinées selon les types de profils de joints de soudure indiqués sur les plans d'exécution et virolées (ou cintrées) suivant le diamètre nominal.



Figure III. 1 Vue général de la robe

### III.4.2 Données de calcul

Calcul selon l'API 650

- Densité de liquide :  $0,9 \text{ Kg/m}^3$
- Hauteur des viroles :  $2,4 \text{ m} = 2400 \text{ mm}$
- Surépaisseur de corrosion :
- Les 4 premier viroles :  $CA = 3 \text{ mm} = 0.1181 \text{ pce}$
- Les autres viroles :  $CA = 1,5 \text{ mm} = 0.059 \text{ pce}$ 
  - Nuance de l'acier :  $A 573Gr70$  pour la robe.
  - Diamètre de réservoir :  $45 \text{ m} = 45000 \text{ mm}$ .
  - Hauteur de réservoir :  $17,454 \text{ m} = 17454 \text{ mm}$ .
  - Largeur de la plaque :  $2,4 \text{ m} = 2400 \text{ mm}$ .
  - Longueur de la plaque :  $9,4 \text{ m} = 9420 \text{ mm}$ .

### III.4.3 Calcul de nombre de virole

La largeur de tôle :  $l_t = 2,4 \text{ m}$

$$n_{\text{virole}} = \frac{Hr}{l_t} = \frac{17,454}{2,4} = 7,2725$$

$$n_{\text{virole}} = 8$$

On prend 07 viroles de 15 tôles ( $9,42 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ ) plus une viroles de 15 moitiés de tôle ( $9,42 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ ), on gagnera au moins 07 tôles de ( $9,42 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ ). La hauteur totale de réservoir sera de :

$$H_{\text{Optimale}} = 7 \times 2,4 + 1,2 \times 1 = 16,8 \text{ m} + 1,2 \text{ m} = 18 \text{ m}$$

$$H_{\text{Optimale}} = 18 \text{ m.}$$

### III.4.4 Calcul de nombre de tôles pour chaque virole :

- 8 viroles : tôles [ $9,42 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ ].
- Le périmètre de la robe :  $P = 2\pi R = \pi D = 3,14 \times 45 = 141,3 \text{ m}$

$$N_{\text{toles/virole}} = \frac{P}{L(\text{toles})}$$

Avec :

$N_t$  : Le nombre des tôles pour chaque virole.

L : la longueur de la tôle obtenue.

P : le périmètre du réservoir.

D : le diamètre du réservoir.

$$N_{\text{toles/virole}} = \frac{P}{L(\text{toles})} = \frac{141.3}{9.42} = 15 \text{ tôles}$$

$$N_{\text{toles}} = 15 \text{ tôles}$$

On trouve **15** tôles par virole. (Pas de chutes sur le périmètre)

**15 tôles du format : (9.42 m × 2.4 m).**

- Pour une robe :

$$N_{\text{toles/Robe}} = N_{\text{toles/virole}} \times n_{\text{virole}} = 8 \times 15 = 120 \text{ tôles du format : [9,42 m} \times \text{2.4 m].}$$

### III.4.5 Calcul des épaisseurs des viroles

Le calcul des épaisseurs des tôles de la robe s'établi à l'aide de la formule ci-dessous :

**Formule établie par un calcul théorique approché l'API 650 (5.6.3.2):**

$$E_{\text{th}} = [2,6. D. (H - 1). G / S_d] + CA$$

**Formule établie par les essais hydrostatiques d'après l'API 650 (5.6.3.2):**

$$E_{\text{hy}} = 2,6. D. (H - 1) / S_t$$

**Avec :**

H : hauteur, en pied. Entre la partie inférieure de la virole considérée et la Partie supérieure de la cornière de rive ou la hauteur de remplissage limitée par le trop-plein.

D : diamètre nominal de réservoirs, en pied.

G : densité théorique du liquide.

CA : surépaisseur de corrosion, en pouce

- Selon **API650** Paragraphe.5.6. On choisit la plus grande valeur entre l'épaisseur théorique et hydrostatique.

**1<sup>ère</sup> virole :**

$$E_{th} = [(2.6 \times 147.54 \times (57.22 - 1) \times 0.9) / 28. 10^3] + 0.1181 = 0.8112 P_{ce} = 20.60 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (57.22 - 1)] / 30. 10^3 = 0.8369 P_{ce} = 21.25 \text{ mm}$$

**2<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (49.35 - 1) \cdot 0.9 / 28. 10^3] + 0,1181 = 0.7142 P_{ce} = 18.14 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (49.35 - 1)] / 30. 10^3 = 0.7363 P_{ce} = 18.70 \text{ mm}$$

**3<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (41.48 - 1) 0.9 / 28. 10^3] + 0,1181 = 0.6172 P_{ce} = 15.67 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (41.48 - 1)] / 30. 10^3 = 0.6357 P_{ce} = 16.14 \text{ mm}$$

**4<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (33.61 - 1) \cdot 0.9 / 28. 10^3] + 0,1181 = 0.5201 P_{ce} = 13.21 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (33.61 - 1)] / 30. 10^3 = 0.5350 P_{ce} = 13.59 \text{ mm}$$

**5<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (25.74 - 1) \cdot 0.9 / 28. 10^3] + 0.059 = 0.364 P_{ce} = 9.24 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (25.74 - 1)] / 30. 10^3 = 0.3753 P_{ce} = 9.53 \text{ mm}$$

**6<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (17.87 - 1) \cdot 0.9 / 28. 10^3] + 0.059 = 0.267 P_{ce} = 6.78 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (17.87 - 1)] / 30. 10^3 = 0.2747 P_{ce} = 6.97 \text{ mm}$$

**7<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (10.006 - 1) \cdot 0.9 / 28. 10^3] + 0.059 = 0.170 P_{ce} = 4.31 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (10.006 - 1)] / 30. 10^3 = 0.1741 P_{ce} = 4.42 \text{ mm}$$

**8<sup>ème</sup> virole :**

$$E_{th} = [2.6 \times 147.54 \times (2.13 - 1) \cdot 0.9 / 28. 10^3] + 0.059 = 0.0729 P_{ce} = 1.85 \text{ mm}$$

$$E_{hy} = [2.6 \times 147.54 \times (2.13 - 1)] / 30. 10^3 = 0.0734 \text{ Pce} = 1.86 \text{ mm}$$

➤ **Tableau recapitulative :**

*Tableau III. 1 Tableau des épaisseurs des tôles de la robe*

Nombre de viroles	$t_{th}$ (Pce)	$t_{hy}$ (Pce)	Choix d'épaisseur en (mm)	Epaisseur adoptée en mm
1	0.8112	0.8369	21.25	22
2	0.7142	0.7363	18.70	19
3	0.6172	0.6357	16.14	17
4	0.5201	0.5350	13.59	14
5	0.364	0.3753	9.53	10
6	0.267	0.274	6.97	10
7	0.170	0.1741	4.42	8
8	0.0729	0.0734	1.86	8

**Note :**

D'après l'API 650 (5.6.1.1), les réservoirs de diamètre compris entre : **36 et 60 m** doivent avoir une épaisseur de tôle minimum supérieure ou égale à **8 mm**.

### III.4.6 Calcul du poids total de la robe

**Données de calcul :**

$$\rho_{acier} = 7850 \text{ Kg /m}^3$$

$$P = 141.3 \text{ m}$$

$$L_{tôle} = 2.4 \text{ m}$$

La masse de la robe se calcule par la loi suivante :

$$\rho_{acier} = \frac{M_v}{V_v}$$

$$M_v = \rho_{acier} \times V_v$$

$$V_v = P \times L_{tôle} \times e_v$$

$$\text{Le périmètre de réservoir } P = D \times \pi$$

$$M_v = P \times L_{tôle} \times e_v \times \rho_{acier}$$

Avec :

$\rho_{acier}$  : La densité de l'acier utilisée ( $\text{Kg /m}^3$ ).

$P$  : Le périmètre de réservoir (m).

$M_v$  : La masse de la virole (kg).

$V_v$  : Le volume de la virole ( $m^3$ ).

$D$  : Le diamètre du réservoir (m).

$L_{tôle}$  : La largeur de la tôle (m).

$e_v$  : L'épaisseur de la virole (m).

*Tableau III. 2 Tableau des masses de viroles de la robe*

Numéro de virole	L'épaisseur de la virole (m)	La masse de la virole (kg)
1	0.022	58566.02
2	0.019	50579.74
3	0.017	45255.56
4	0.014	37269.28
5	0.010	26620.92
6	0.010	26620.92
7	0.008	21296.73
8	0.008	10648.36

La masse totale de la robe :

$$M_{totale/robe} = \sum M_v = 226277.81 \text{ Kg}$$

### III.4.7 Conclusion

La robe est un élément important des réservoirs car elle est sollicitée aux différentes charges. (Internes et externes). Ce qui nous a exigés d'effectuer des calculs précis.

### III.4.8 Cornier de rive

#### III.4.8.1 Constitution

La robe du réservoir sera pourvue d'une cornière de rive en acier. La cornière de rive, de taille normalisée, sera placée à la partie supérieure de la robe.

La cornière de rive joue deux fonctions :

- Rigidité de la robe.
- Jonction entre le toit et celle-ci.



### III.4.8.2 Préparation

La cornière sera découpée aux dimensions spécifiées sur les plans d'exécution et cintrées selon le diamètre extérieur de la virole supérieure de la robe. Les travaux de préparation seront exécutés en atelier.

### III.4.8.3 Assemblage

L'assemblage de la cornière de rive avec la robe sera exécuté par double soudage à recouvrement avec des joints de soudure d'angle droit.

L'assemblage des tronçons de la cornière de rive sera exécuté par un soudage bout à bout (Fig : ).

### III.4.8.4 Recommandation

L'aile en saillie de la cornière de rive sera orientée vers l'extérieur de la robe.

La robe de réservoir sera munie d'une cornière de rive, conformément aux exigences de la Norme API.650.Std, de taille **L: 100.100.8**

### III.4.8.5 Poids de la cornière de rive

On a le poids propre de la cornière est égal :

$P_p = 12.2 \text{ Kg/m}$  (Selon mémotech)

$$P_{\text{cornière}} = P_p \times \text{la périmètre}$$

$$P_{\text{cornière}} = 12.2 \times 141.3 = 1723.86 \text{ kg}$$

$$P_{\text{corniere}} = 1723.86 \text{ kg}$$

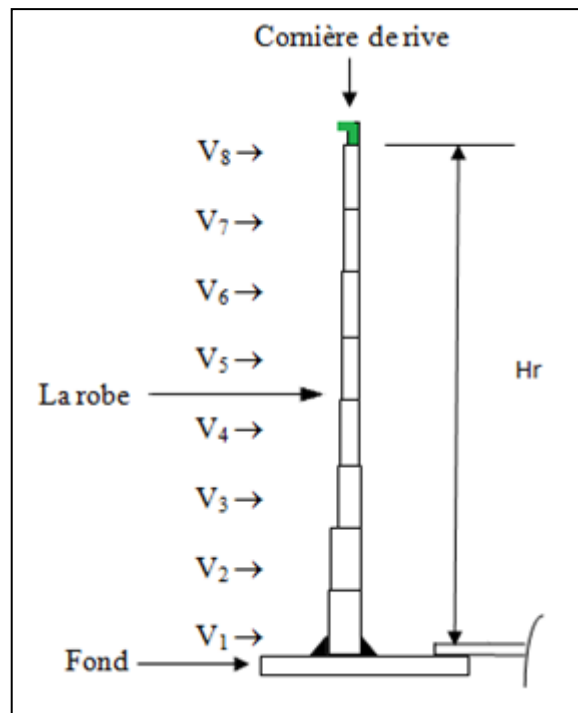


Figure III.2 Section longitudinale du réservoir (Viroles et cornière de rive)

## III.5 CONCEPTION DE FOND

### III.5.1 Introduction

Le fond du réservoir sera constitué de tôles en acier de forme rectangulaire et de dimensions appropriées à la taille du réservoir. Certains fonds de réservoir sont protégés par une ceinture bitumineuse interne. Le fond de réservoir doit être constitué pour permettre une vidange aussi complète que possible. Ainsi que les purges d'eau et saletés. Pour cela, on lui donne une pente d'environ de 1 à 2 % dirigé vers le centre (fond concave pour de petits diamètres) ou vers la périphérie (fond convexe pour de grands diamètres).

- Le fond repose sur une galette de gravier ou de sable revêtue de bitume.

### III.5.2 Préparation

La préparation des tôles de fond sera exécutée sur chantier, juste avant l'opération de montage.

### III.5.3 Assemblage

Les tôles de fond seront assemblées par soudage à recouvrement sur la face supérieure seulement, par une soudure d'angle normale continue sur tous les joints.

### III.5.4 Recommendations

Les recouvrements des tôles de fond devront avoir une largeur de 25 mm à 50mm et les recouvrements à trois tôles du fond devront être distants d'au moins 12'' (305mm) les uns des autres et de la robe.

### III.5.5 L'épaisseur des tôles centrale

#### III.5.5.1 Les tôles centrales du fond

D'après l'API 650 (5.4.1) l'épaisseur minimale nominale de toutes les tôles centrales du fond est **6 mm**.

- Epaisseur nominal = 6 mm
- Surépaisseur de corrosion = 2 mm

$$t_b = t_{min} + CA = 6 + 2 = 8 \text{ mm.}$$

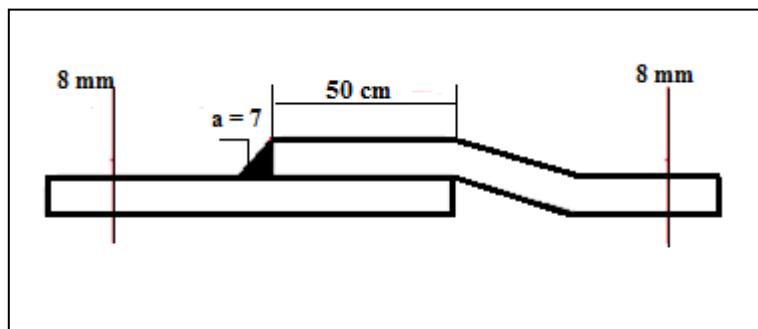


Figure III.3 Recouvrement des tôles centrales de fond

#### III.5.5.2 Calcul de nombre de tôles central

$$N_{\text{tôles}} = \frac{S_{\text{fond}}}{S_{\text{tôles}}}$$

$$S_{\text{tôles}} = (9.42 - L_r) \times (2.4 - L_r)$$

$$S_{\text{tôles}} = (9.42 - 0.05) \times (2.4 - 0.05) = 22.01 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{marginale}} = \pi \times D \times 0.7 = 3.14 \times 45 \times 0.7 = 98.91 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{fond}} = \pi \times R^2 - S_{\text{marginale}} = (\pi \times 22.5^2) - 98.91 = 1490.71 \text{ m}^2$$

Avec :

$N_{\text{tôles}}$  : Nombre de tôles

$S_{\text{tôles}}$  : La surface de tôles utilisée

$S_{\text{fond}}$  : La surface de fond

$S_{marginale}$  : La surface à l'intérieure du bac occupé par les tôles annulaires

$L_r$  : Largeur de recouvrement des tôles de fond

$$N_{\text{tôles/f}} = \frac{S_{\text{fond}}}{S_{\text{tôles}}} = \frac{1491}{22} = 67,77 \text{ tôles.}$$

Donc on prend :  $N_{\text{tôles/f}} = 68 \text{ tôles.}$

### III.5.5.3 Calcul du poids des tôles centrales

$$M_{\text{tôles centrale}} = (\text{Longueur} \times \text{Largeur} \times \text{épaisseur} \times N_{\text{tôles}} \times \rho \times g)$$

$$M_{\text{tôles}} = (\text{Longueur} \times \text{Largeur} \times \text{épaisseur} \times \rho \times g)$$

$$M_{\text{tôles}} = (9,42 \times 2,4 \times 0,008 \times 7850 \times 9,81) = 13928,06 \text{ N} = 1392,806 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{tôles centrale}} = (9,42 \times 2,4 \times 0,008 \times 7850 \times 68 \times 9,81) = 94710,80 \text{ Kg} = 94,710 \text{ t}$$

### III.5.6 Tôles marginales de fond

Les tôles annulaires de fond auront une largeur radiale minimale de 600 millimètres de l'intérieur de la 1<sup>er</sup> virole vers le centre du fond. Une plus grande largeur radiale des tôles annulaires est exigée d'après l'API 650 (5.5.2) et calculé comme suit :

$$B = \frac{215t_b}{(H \times G)^{0.5}}$$

Avec :

**B** : la largeur de tôle annulaires.

**$t_b$**  : L'épaisseur des tôles annulaires.

**H** : La hauteur de réservoir.

**G** : La densité de liquide.

#### III.5.6.1 Calcul l'épaisseur des tôles annulaires

D'après l'API 650 (tableau 5.1b) le choix d'épaisseur se réalise par rapport aux caractéristiques de la 1<sup>er</sup> virole. L'épaisseur de cette dernière est de 22 millimètre en acier A573 gr 70 avec une contrainte de théorique  $S_d = 28000 \text{ Psi}$  (190 MPA) et une contrainte de test hydrostatique  $S_t = 30000 \text{ Psi}$  (210 MPA)

- Pour  $S_d = 28000 \text{ Psi} \leq 30000 \text{ Psi}$  avec  $t_{1^{er}} \text{ virole} = 22 \text{ mm}$  implique que  $t_{b1} = 7 \text{ mm}$ .
- Pour  $S_t = 30000 \text{ Psi} \leq 30000 \text{ Psi}$  avec  $t_{1^{er}} \text{ virole} = 22 \text{ mm}$  implique que  $t_{b2} = 7 \text{ mm}$ .

$$t_{bc} = \text{Max}(t_{b1}; t_{b2}) = 7 \text{ mm.}$$

$$\text{Donc } t_b = t_{bc} + Ca = 7 + 3 = 10$$

### III.5.6.2 Largeur des tôles marginales

Le largeur de tôle marginale **B** Tôle marginale doit être déterminée comme suit :

$$B = \frac{215t_b}{(H \times G)^{0.5}}$$

$$\text{AN: } B = \frac{215 \times 10}{(16.529 \times 0.9)^{0.5}} = 557,43 \text{ mm}$$

Ce qui implique l'adoption de la largeur **b = 600 mm** de l'intérieur de la virole inférieur vers le centre du fond, et **100 mm** de plus comme mesure de sécurité.

Les recouvrements des tôles du fond devront avoir une largeur de **50 mm** à l'extérieur de la robe selon l'API 650 (5.4.2).

$$\text{Donc : } b = 700 \text{ mm}$$

Avec :

**B** : la largeur des tôles annulaires.

### III.5.6.3 Calcul de nombre des tôles annulaires

Format de tôles utilisées : (9420 x 2400 x 10) mm

La masse volumique de l'acier : 7850

Le périmètre du réservoir :  $P = 2 \pi r = 2 \times \pi \times 22.5 = 141.3 \text{ m}$

$$N_{marginales} = P / L_{\text{tôles/M}} = \frac{141.3}{9.42} = 15 \text{ tôles}$$

$$\frac{360}{15} = 24^\circ$$

Avec :

$P_{\text{fond}}$  : Le périmètre de fond (**m**).

$L_{\text{tôles/M}}$  : La longueur de tôles marginale (**m**).

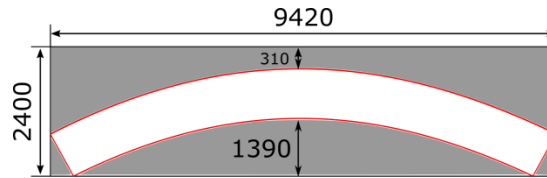


Figure III.4 schémas des tôles marginales

III.5.6.4 Calcul du poids des tôles marginales

$$S_{\text{tôles/M}} = [(\pi \times R^2) - (\pi \times R'^2)] = [(\pi \times 22.5^2) - (\pi \times 21.8^2)] = 97.37 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{tôles/M}} = (S_{\text{tôles/M}} \times \text{épaisseur} \times \rho \times g)$$

$$M_{\text{tôles/M}} = (97.37 \times 0.01 \times 7850 \times 9.81) = 74983.17 \text{ N} = 7498.317 \text{ Kg}$$

Avec :

- R : rayon extérieur de la tôle marginale.
- R' : rayon intérieur de la tôle marginale.

III.5.6.5 Calcule du poids total de fond

$$M_{\text{Fond}} = M_{\text{tôles centrale}} + M_{\text{tôles/M}} = 94710.80 + 7498.317 = 102209.11 \text{ Kg}$$

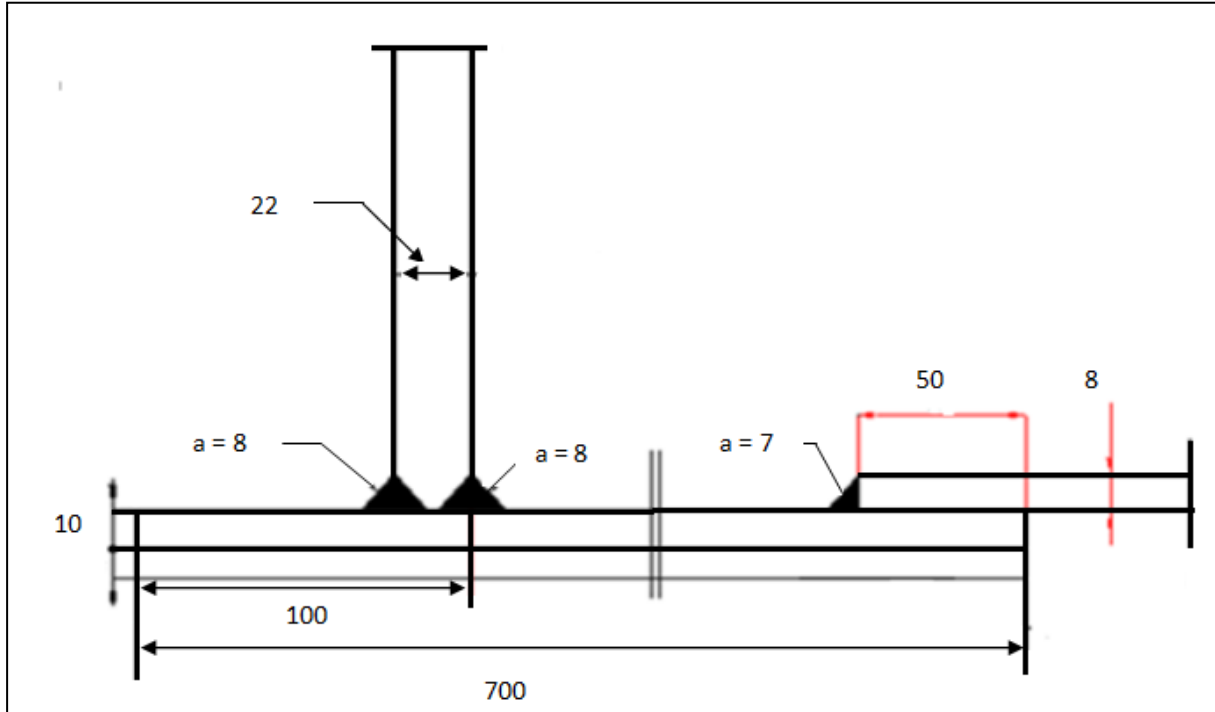


Figure III.5 Schéma dimensionnel des tôles du fond

## III.6 ETUDE DE TOIT

### III.6.1 Introduction

Notre travail consiste à étudier les différents composants du toit flottant afin de maintenir sa stabilité aux différentes sollicitations externes par les vérifications à la flèche et contraintes des chevrons et raidisseurs, on aborde aussi le sujet de flottaison du toit qui est très indispensable pour assurer la flottabilité du toit en utilisant la poussée d'Archimède. À ce stade, on prend en considération de plusieurs cas de flottabilités. On terminera notre chapitre par le calcul et mentionnera des accessoires du toit tels que le dimensionnement des béquilles et la citation du joint du toit, joints secondaires et ouvertures des pontons et trous d'homme sur le toit.

### DONNEES DE TOIT

- Nuance d'acier : Acier A283 Gr C.
- Type de toit : flottant double pont.
- Diamètre nominale :  $D = 45 \text{ m} = 45000 \text{ mm}$ .
- Surépaisseur de corrosion égale à :
  - Pont supérieure  $CA = 1 \text{ mm}$ .
  - Pont inférieure  $CA = 3 \text{ mm}$ .
- La Pente :
  - Pont supérieur : 1,5 %.
  - Pont inférieur : 0%.
- Hauteur extérieure de toit :  $ht = 940 \text{ mm}$ .
- Poids spécifique de produit :  $\rho = 0.9 \text{ t/m}^3$ .
- Format de tôles utilisées (*pont supérieur et inférieur*) : (9400 mm × 2400 mm)
- La gravité :  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

### III.6.2 Epaisseur du toit

Selon API 650 (article C.3.3.2)

D'après l'API 650 les tôles du toit ne devraient pas être inférieures à  $3/16 \text{ in} = 4.8 \text{ mm}$ .

Avec une surépaisseur de corrosion. Donc on prend une épaisseur pour les tôles du toit égale à :  $e = 5 \text{ mm}$  pour le pont supérieur et  $e = 5 \text{ mm}$  pour le pont inférieur.

- Pont supérieur :

$$t_{sup} = t_{min} + CA = 5 + 1 = 6 \text{ mm}$$

- Pont inférieur :

$$t_{inf} = t_{min} + CA = 5 + 3 = 8 \text{ mm}$$

Avec :

$t_{sup}$  : L'épaisseur de pont supérieure.

$t_{inf}$  : L'épaisseur de pont inférieur.

Avec un recouvrement égal à 32 mm et 40 mm.

### III.6.3 Description du toit

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un système d'étanchéité déformable qui permet au toit de coulisser sans contraintes à l'intérieur de la robe.

Le toit flottant double ponts est constitué de deux voiles circulaires en tôle (le pont inférieur en contact avec le produit et le pont supérieur avec l'air ambiant) qui couvrent tous deux la surface complète du réservoir.

Ces ponts sont séparés par une série de couronnes concentriques véritables formant des caissons de flottaison étanches au produit.

Les annulaires de plus sont divisés en compartiments par des cloisons radiales étanches au liquide.

Le pont inférieur est le plus souvent plat, mais peut être construit avec une légère conicité vers le haut.

Quelle que soit sa configuration, le toit double ponts possède une capacité de déformation suffisante pour piéger les évaporations au centre du toit. Les effets de température extérieure sont d'ailleurs bien moindres sur ce type de toit, car le matelas d'air qui existe entre les deux constitue une excellente isolation thermique au-dessus du produit.

Le pont supérieur, repose sur des solives en profilés, qui sont installés radialement entre les couronnes concentriques séparent les deux ponts. Il comporte une pente qui favorise le drainage des eaux vers le centre du toit.



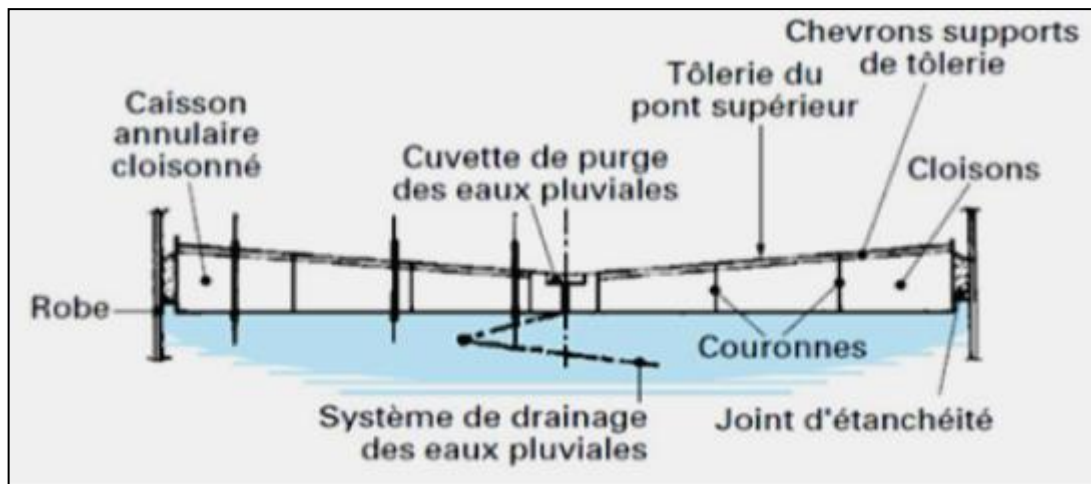


Figure III.6 Descriptif du toit flottant double pont.

- **Recommandations :**

- Les toits flottants doivent avoir une flottabilité suffisante pour se maintenir à flot sur liquide d'une densité de  $0.9 \text{ Kg/m}^2$ .
- Toutes les tôles du tablier devront avoir une épaisseur nominale minimum égale à  $3/16$  " (4.8 mm).
- Les tôles du tablier être assemblées par recouvrement et par des soudures d'angle normales continues sur dessus.
- Le pont inférieur est en contact direct avec le liquide, et le pont supérieur à une pente de 1.5%, dirigée vers le bas qui favorise le drainage des eaux vers le centre de toit.

- **Remarque:**

Les toits doubles ponts sont utilisés pour des réservoirs dont le diamètre est compris entre 15m et 120m. Malgré leurs coûts plus élevé, ils représentent un certains nombres d'avantages qui sont principalement :

- La surface lisse et sans relief du supérieur, permet un plus facile.
- Une meilleure tenue à la corrosion.
- Une bonne stabilité au vent.
- Une limitation considérable des effets de la température ambiante.

Par ailleurs, lorsqu'il est permis qu'une quantité d'eau traverse le produit au moyen de trop-pleins de secours, le toit double pont est aussi recommandé pour les pays ou les régions sujettes à des pluies torrent.

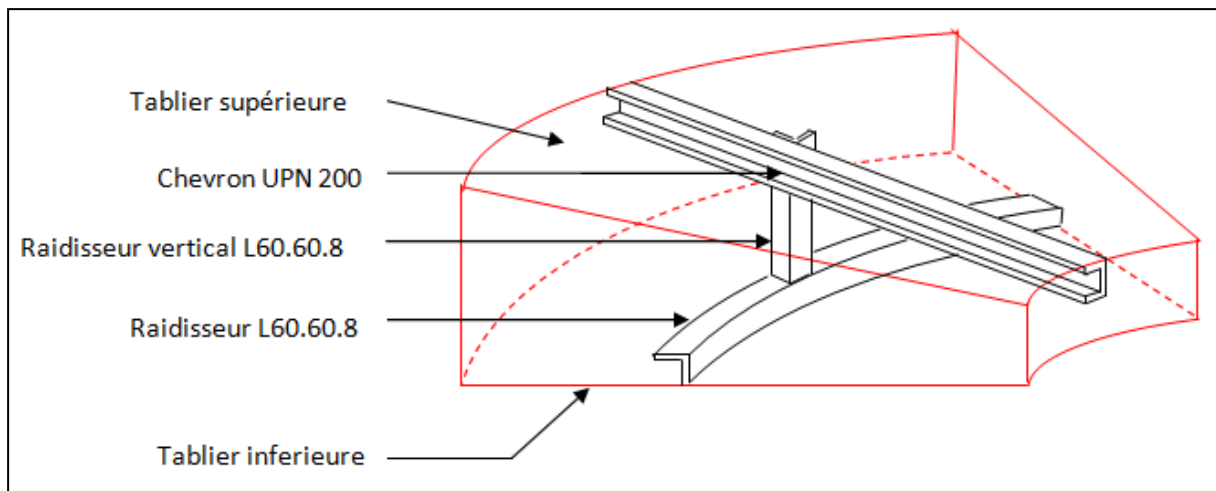


Figure III.7 Caisson du toit

### III.6.4 Conception des accessoires de toit

#### III.6.4.1 Dimensionnement de trou d’homme

Le trou d’homme doit être prévu pour accéder à l’intérieur de réservoir et pour la ventilation lorsque le réservoir est vide.

D’après l’API 650 (C.3.11) :

- Diamètre nominal de trou d’homme égale à 600 mm.
- Minimum nombre de trou d’homme pour un réservoir à un diamètre **D<61m** est **2**.

Tableau III. 3 Les caractéristiques de trou d’homme de toit

Diamètre de trou d’homme		$D_H = 0.6 \text{ m}$
Diamètre de cou		$D_C = 0.6 \text{ m}$
L’épaisseur de cou		$E_C = 0.006 \text{ m}$
Diamètre de la plaque de recouvrement		$D_{RC} = 0.832 \text{ m}$
L’épaisseur de la plaque de recouvrement		$E_{RC} = 0.011 \text{ m}$
Diamètre de cercle des boulons		$D_B = 0.768 \text{ m}$
Nombre de boulon		$N_B = 20$
Diamètre de joint d’étanchéité	Extérieur	<b>0.832 m</b>
	Intérieur	<b>0.600 m</b>
L’épaisseur de joint d’étanchéité		<b>1.5 mm</b>
Diamètre de trou de toit		$D_T = 0.625 \text{ m}$
Diamètre extérieur de la plaque de		$D_R = 1 \text{ m}$

renforcement	
L'épaisseur de la plaque de renforcement	$E_R = 0.006 \text{ m}$
Diamètre des boulons	16 mm
Diamètre des trous de boulons	20 mm

### III.6.4.2 Calcul de poids de trou d'homme

$$M_{TH} = 2 \times V_{TH} \times \rho_{acier}$$

$$V_{TH} = V_{cou} + V_{P \text{ recouvrement}} + V_{P \text{ renforcement}} + V_{Barre}$$

$$V_{cou} = P_{Cou} \times e_{Cou} \times h_{Cou} = \frac{D_{Cou}}{2} \times \pi \times e_{Cou} \times h_{Cou} = \frac{0.6}{2} \times \pi \times 0.006 \times 0.15 = 0.00085 \text{ m}^3.$$

$$V_{P \text{ renforcement}} = \left( \frac{D_R - D_H}{2} \right)^2 \times \pi \times e_r = \left( \frac{1.15 - 0.6}{2} \right)^2 \times \pi \times 0.006 = 0.00142 \text{ m}^3$$

$$V_{P \text{ recouvrement}} = \left( \frac{D_{RC}}{2} \right)^2 \times \pi \times e_{rc} = \left( \frac{0.832}{2} \right)^2 \times \pi \times 0.011 = 0.0059 \text{ m}^3$$

$$V_{Barre} = S_{Barre} \times L_{Barre} = \left( \frac{D_{barre}}{2} \right)^2 \times \pi \times L_{Barre}$$

$$= \left( \frac{0.016}{2} \right)^2 \times \pi \times ((0.075 \times 2) + 2) = 0.006 \text{ m}^3.$$

Avec :

$M_{TH}$  : La masse de trou d'homme (**kg**).

$V_{TH}$  : La densité de l'acier utilisé (**kg/m<sup>3</sup>**).

$\rho_{acier}$  : Le volume de trou d'homme (**m<sup>3</sup>**).

$V_{cou}$  : Le volume de cou (**m<sup>3</sup>**).

$V_{P \text{ recouvrement}}$  : Le volume de la plaque de recouvrement (**m<sup>3</sup>**).

$V_{P \text{ renforcement}}$  : Le volume de la plaque de renforcement (**m<sup>3</sup>**).

$V_{Barre}$  : Le volume de la barre (**m<sup>3</sup>**).

$P_{cou}$  : Le périmètre de cou (**m**).

$$V_{TH} = V_{cou} + V_{P \text{ recouvrement}} + V_{P \text{ renforcement}} + V_{Barre}$$

$$V_{TH} = 0.00058 + 0.0059 + 0.00142 + 0.006 = 0.0139 \text{ m}^3$$

On à :

$$\rho_{acier} = 7850 \text{ Kg /m}^3.$$

$$M_{TH} = 2 \times V_{TH} \times \rho_{acier} = 2 \times 0.0139 \times 7850 = 218.23 \text{ Kg.}$$

### III.6.4.3 Escalier roulant

- Poutre en treillis fixée sur le toit.
- L'escalier roulant.
  - La largeur minimale est **510 mm**, on prend **600 mm**.
  - La pente minimale de l'échelle par rapport a la verticale est  **$\alpha = 36^\circ$** .

Donc pour calculer la longueur de l'échelle on applique la loi suivante :

$$L_{\text{échelle}} = \frac{H_{\text{max}} - (H_{\text{max}} + H_{\text{toit}})}{\cos \alpha}$$

Avec :

$L_{\text{échelle}}$  : La longueur de l'échelle (m).

$H_{\text{max}}$  : La hauteur maximale de réservoir (m).

$H_{\text{min}}$  : La hauteur morte de liquide stocké (m).

$H_{\text{toit}}$  : La hauteur maximale de toit (m).

On à :

$$H_{\text{toit}} = 0.92 \text{ m} ; H_{\text{max}} = 17.454 \text{ m} ; H_{\text{min}} = 1 \text{ m.}$$

$$L_{\text{échelle}} = \frac{H_{\text{max}} - (H_{\text{max}} + H_{\text{toit}})}{\cos \alpha} = \frac{17.454 - (1 + 0.92)}{\cos 35} = 18.96 \text{ m.}$$

$$L_{\text{échelle}} = 18.96 \text{ m.}$$

On utilise dans la construction de l'échelle des marches en tôles l'armées avec des épaisseurs  $e_{larmees} = 3 \text{ mm de la tôle} / 5 \text{ mm au sommet de la larme}$  avec une masse de **54 kg** par tôle de dimension de **(2000/1000 mm)**.

Calcul de l'échelle :

$$M_{\text{échelle}} = M_{\text{marches}} + M_{S \text{ marches}} + M_{\text{rails}}$$

$$M_{\text{marches}} = M_{\text{tôle}} \times N^{\circ}_{\text{tôles}}$$

$$N^{\circ}_{\text{tôles}} = \left( \frac{S_{\text{échelle}}}{S_{\text{tôle}}} \right)$$

$$M_{S \text{ marches}} = 2 \times L_{\text{échelle}} \times P_{S \text{ marches}}$$

$$M_{\text{rails}} = 2 \times L_{\text{échelle}} \times P_{\text{rails}}$$

Avec :

$M_{\text{échelle}}$  : La masse de l'échelle (**kg**).

$M_{\text{marches}}$  : La masse des marches (**kg**).

$M_{S \text{ marches}}$  : La masse du support marches (**kg**).

$M_{\text{rails}}$  : La masse des rails (**kg**).

$M_{\text{tôle}}$  : La masse d'une tôle l'armée (**kg**).

$N^{\circ}_{\text{tôles}}$  : Le nombre de tôle nécessaire pour les marches de l'échelle.

$S_{\text{échelle}}$  : La surface de l'échelle ( $m^2$ ).

$S_{\text{tôle}}$  : La surface d'une tôle l'armée ( $m^2$ ).

$P_{S \text{ marches}}$  : La masse de support marche par mètre (**kg/m**).

$P_{\text{rails}}$  : La masse d'un rail par mètre (**kg/m**).

$$M_{\text{marches}} = M_{\text{tôle}} \times N^{\circ}_{\text{tôles}} = 54 \times \left( \frac{18.96 \times 0.6}{1 \times 2} \right) = 307.15 \text{ kg}$$

$$M_{S \text{ marches}} = 2 \times L_{\text{échelle}} \times P_{S \text{ marches}} = 2 \times 18.96 \times 22.95 = 870.26 \text{ kg}$$

$$M_{\text{rails}} = 2 \times L_{\text{échelle}} \times P_{\text{rails}} = 2 \times 18.96 \times 3.86 = 146.37 \text{ kg}$$

$$M_{\text{échelle}} = M_{\text{marches}} + M_{S \text{ marches}} + M_{\text{rails}} = 307.15 + 870.26 + 146.37 = 1323.78 \text{ kg}$$

$$M_{\text{échelle}} = 1323.78 \text{ kg}$$

#### III.6.4.4 Charpente

- Vérification des flèches dans les raidisseurs :

Calcul de la charge répartie  $Q$  appliquées sur les raidisseurs :

$$Q = \frac{((M_{Toit} + M_{TH} + M_{échelle}) \times g)}{S_p} + M_s$$

Avec :

$M_{toit}$  : La masse complète de la toiture (kg).

$M_{échelle}$  : La masse de l'échelle (kg).

$M_s$  = Lamasse supplémentaire du cas le plus défavorable (kg).

$g$  : La gravité.

$S_p$  : La surface du pont ( $m^2$ ).

#### III.6.4.4.1 Choix de cas la plus défavorable

D'après RNV 99 (P29) on va déterminer la charge nominale de sable à prendre en compte dans l'étude de notre réservoir implanté dans la zone **D**.

On a un toit de faible pente inférieur a 5% donc on a pris la charge de sable sous forme d'une charge uniformément répartie , d'après RNV 99 (P33/Tableau 7.1) la charge de sable dans la région de **HASSI MESSOUD** égale a **0.20 KN/m<sup>2</sup>**.

$$Q_{Sable} = 0.20 \text{ KN/m}^2.$$

$$q = \frac{((M_{Toit} + M_{TH} + M_{échelle}) \times g)}{S_p} + Q_{Sable} = \frac{((171607.8 + 218.23 + 1323.78) \times 10)}{1561.49} + 200$$

$$q = 1308.23 \text{ Kg/m}^2.$$

#### III.6.4.4.2 Calcul de moment d'inertie

$$f = \frac{5ql^2}{384EI} < \frac{l}{200}$$

$$I_z > \frac{1000ql^3}{384E}$$

Corniére:

$$l = 200 \text{ cm} ; E = 21.10^5 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Donc : } Q = q \times l = 0.1308 \times 200 = 26.1 \text{ dan/cm}$$

$$I_z > \frac{1000Ql^3}{384E} = \frac{1000 \times 26.1 \times 200^2}{384 \times 21.10^5} = 25.89 \text{ cm}^4$$

Donc on doit utiliser les raidisseurs en profilée **L(60 × 60 × 8)**

#### III.6.4.4.3 Etude du poids de profilé des raidisseurs en horizontale en L.60.60.8

$$M_{L.60.8} = \sum [2\pi(R_{\text{réservoir}} - 5)] P_{L.60.8}$$

$M_{L.60.8}$  : La masse de raidisseur horizontal en **L.60.60.8 (Kg)**.

$R_{\text{réservoir}}$  : Le rayon du réservoir (**m**).

$P_{L.60.8}$  : Le poids de profilé **L.60.60.8 (Kg/m)**.

$$M_{L.60.8} = \sum [2\pi(R_{\text{réservoir}} - 5)] P_{L.60.8} = \sum [2\pi(22.5 - 5)] 7.09 = 3116.76 \text{ Kg}$$

$$M_{L.60.8} = 3116.76 \text{ Kg}$$

#### III.6.4.4.4 Etude du poids de profilé des raidisseurs en vertical en L.60.60.8

$$M_{L.60.8} = \sum \left[ \frac{2\pi(R_{\text{réservoir}} - 5)}{l_{\text{vide}}} \times L_{yL.60.8} \right] P_{L.60.8}$$

$M_{L.60.8}$  : La masse de raidisseur vertical en **L.60.60.8 (Kg)**.

$l_{\text{vide}}$  : L'espace entre les raidisseurs vertical (**m**).

$R_{\text{réservoir}}$  : Le rayon du réservoir (**m**).

$L_{yL.60.8}$  : La longueur de profilé (**m**).

$P_{L.60.8}$  : Le poids de profilé **L.60.60.8 (Kg/m)**.

$$M_{L.60.8} = \sum \left[ \frac{2\pi(R_{\text{réservoir}} - 5)}{l_{\text{vide}}} \times L_{yL.60.8} \right] P_{L.60.8}$$

$$M_{L.60.8} = \sum \left[ \frac{2\pi(22.5 - 5)}{2} \times (0.94 - 0.06) \right] 7.09 = 1372.07 \text{ Kg}$$

$$M_{L.60.8} = 1372.07 \text{ Kg}$$

#### III.6.4.4.5 Vérification des flèches dans les profilées UPN

Calcul de la charge répartie **q** applique sur les raidisseurs :

Avec :

$M_{ps}$  : La masse totale de pont supérieur (**Kg**).

$M_s$  : La masse supplémentaire du cas le plus défavorable **0.20 KN/m<sup>2</sup>**.

$g$  : La gravité.

$S_p$  : La surface du pond (**m<sup>2</sup>**).

$$q = \frac{(M_{ps} + M_s) \times g}{S_p} = \frac{98081.6}{1561.5} = 62.8 \text{ daN/m}^2$$

$$q = 0.0062 \text{ daN/cm}^2$$

Calcul de moment d'inertie :

$$f = \frac{5Ql^2}{384EI} < \frac{l}{200}$$

$$I_z > \frac{1000Ql^3}{384E}$$

On a :

$$l = 500 \text{ cm} ; E = 21.10^5 \text{ daN/cm}^2.$$

$$Q = 0.0062 \times 500 = 3.1 \text{ daN/cm}$$

$$I_z = \frac{1000Ql^3}{384E} = \frac{1000 \times 3.1 \times 500^2}{384 \times 21.10^5} = 138 \text{ cm}^4$$

**Donc on doit utiliser les profilées UPN 200**

#### III.6.4.4.6 Calcul la masse de profilé UPN 200

$$M_{UPN200} = N_{UPN200} \times L_{UPN200} \times P_{UPN200}$$

$$N_{UPN200} = \frac{P_{réservoir}}{l_{xr}}$$

$M_{UPN200}$  : La masse total des couronne UPN 200 (**Kg**).

$N_{UPN200}$  : Le nombre des poutres UPN 200.

$L_{UPN200}$  : La longueur d'une poutre UPN 200 (**m**).

$P_{UPN200}$  : Le poids de profilé UPN 200 par mètre (**Kg/m**).

$P_{réservoir}$  : Le périmètre du réservoir(**m**).



$l_{xr}$  : L'espace entre deux couronnes UPN 200(m).

$$N_{UPN200} = \frac{P_{réservoir}}{l_{xr}} = \frac{\pi \times D}{2} = \frac{\pi \times 45}{2} = 70.65 \approx 71$$

$$M_{UPN200} = N_{UPN200} \times L_{UPN200} \times P_{UPN200} = 71 \times 22.5 \times 26 = 41535\text{Kg}$$

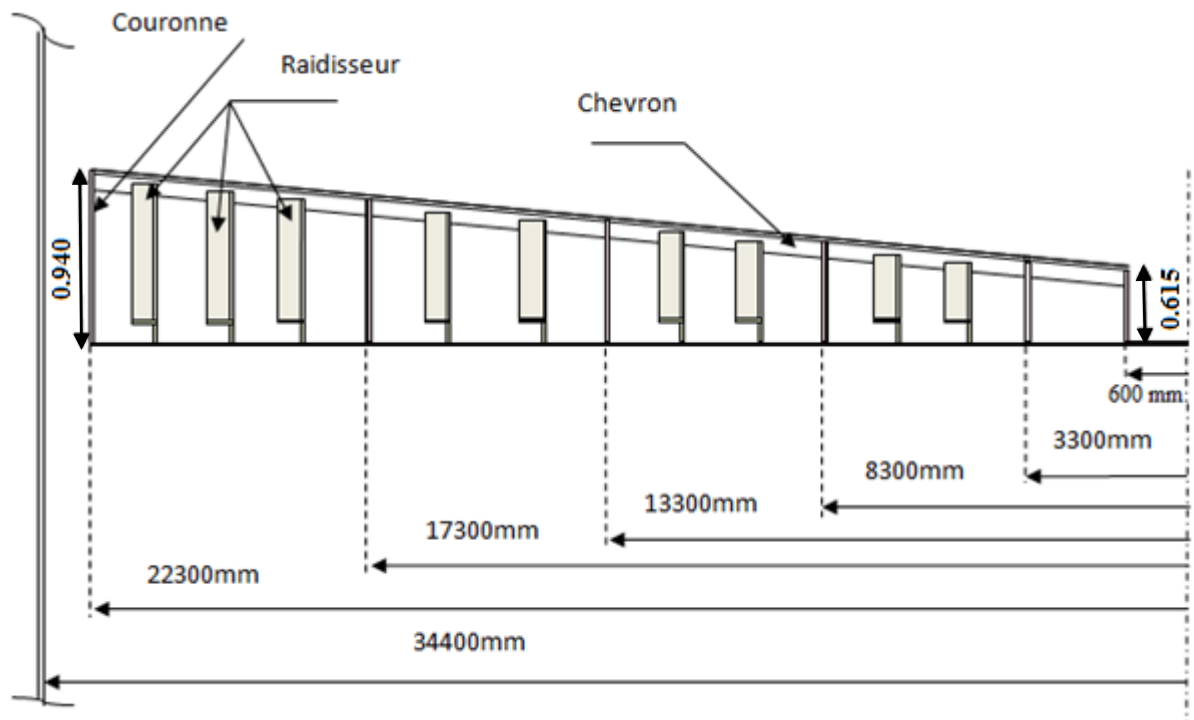


Figure III.8 Schéma spécifique de demi-toit flottant

### III.6.5 Vérification de la flottabilité

Dans cette étude on fait des vérifications sur notre conception du toit par des expériences Sur certaines conditions de chargements pour assurer la flottabilité du toit d'après l'API 650 L'annexe C, on a deux principales conditions ; le toit flottant devra avoir une flottabilité Suffisant pour maintenir à flot sur un liquide de poids spécifique de 0.9 t/m3 et avec un Système d'évacuation hors service, il y a d'autres conditions que nous devons aussi vérifies,

Parmi ces conditions :

- Une précipitation de 250 mm de l'eau de pluie dans une période de 24 heures.
- Deux compartiments adjacents perforés et inondés dans le toit.

Ces applications des charges nous permettent de déterminer l'enfoncement de toit sous l'effet de charges permanentes tout en ajoutant l'effet des charges supplémentaires.

On détermine l'enfoncement de toit à l'aide de **théorème d'Archimède** : un « un objet Partiellement ou complètement de toit immergé dans un fluide, va créer une force verticale égale au poids du fluide déplacé par l'objet.

**La condition de flottabilité :  $PT \leq \rho V$**

Avec :

: La masse du toit avec tous ses accessoires.

: Volume de produit repoussé.

: La masse volumique de liquide en (t/m<sup>3</sup>) donné par l'API 650

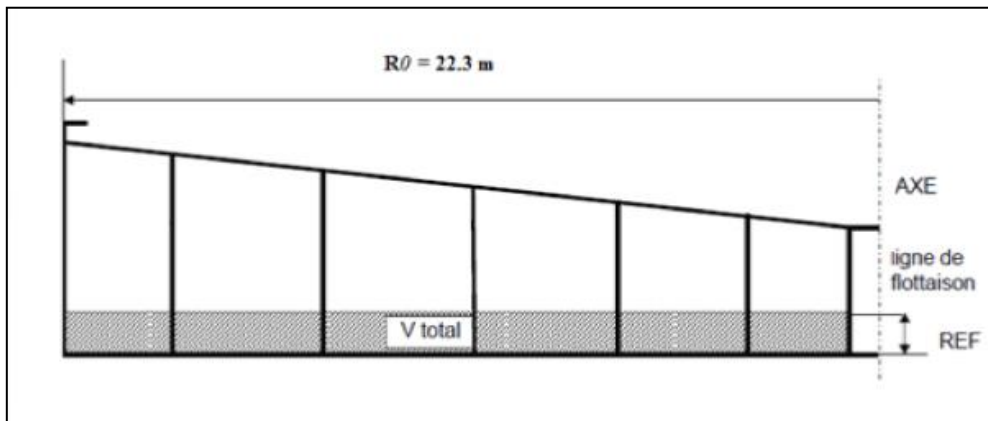


Figure III.9 Schéma spécifique de demi-toit flottant flotté sur liquide

### La poussée d'Archimède

On détermine l'enfoncement de toit à l'aide du théorème d'Archimède : « Lorsqu'un solide de volume V est immergé dans un fluide de masse volumique  $\rho$ , il subit une force FA, verticale égale au poids du fluide déplacé par l'objet ».

$$FA = P (\text{fluide déplacé}) = \rho \cdot V$$

Avec :

- P (fluide déplacé) : poids du fluide déplacé par l'objet en (t).
- : la masse volumique de liquide en (t/m<sup>3</sup>).
- : volume de liquide déplacé en (m<sup>3</sup>).

III.6.5.1 1ère cas (charge permanente)

On prend le poids propre de toit flottant et leurs accessoires ; (les supports du toit, trou d’homme, les joints d’étanchéités, la partie participante de l’échelle roulante et le poids de chemin de roulement), Pour déterminer l’enfoncement du toit on a :

$$V \text{ (liquide déplacé)} = P_T / \rho$$

$$QT = q \text{ (toit)} + q \text{ (accessoire)}$$

- $D_{PI}$  : diamètre de pont inférieur de toit :

$$D_{PI} = D_r - (2 \times 200) = (45000 - (2 \times 200)) = 44600 \text{ mm.}$$

- L’espace annulaire de joints d’étanchéité est de **200 mm**.

- La masse volumique de l’acier :  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

- Poids de pont inférieur :  $S \text{ (pont inférieur)} \times e \times \rho \text{ acier}$

$$M_{pi} = \left( \frac{\pi \times D^2}{4} \times 0.008 \times 7850 = \frac{\pi \times (44.600)^2}{4} \times 0.008 \times 7850 = 98061.609 \text{ Kg} \right)$$

- Poids de pont supérieur :  $S \text{ (pont supérieur)} \times e \times \rho \text{ acier}$

$$M_{ps} = \left( \frac{\pi \times D^2}{4} \times 0.006 \times 7850 = \frac{\pi \times (44.600)^2}{4} \times 0.006 \times 7850 = 73546.207 \text{ Kg} \right)$$

Tableau III. 4 les masses des ponts

	L'épaisseur des tôles (m)	Le volume de pont (m <sup>3</sup> )	La masse de pont (Kg)
<b>Pont inférieur</b>	<b>0.006</b>	<b>12.491</b>	<b>98061.609</b>
<b>Pont supérieur</b>	<b>0.008</b>	<b>9.368</b>	<b>73546.207</b>

$Q_{toit}$  : est la somme des poids des éléments de structures qui constituent le toit flottant:

On a :

Tableau III. 5 les masses des accessoires de toit

1	<b>Pont inférieur</b>	98061.609kg
2	Pont supérieur	<b>73546.207</b>
3	Charpente	<b>46023.83Kg</b>
4	Supports	<b>5800Kg</b>
5	Trou d’homme	<b>218.23 Kg</b>
6	Drainage de toit	<b>3027Kg</b>
7	Joint d’étanchéité	<b>3464Kg</b>

8	Echelle roulon	1323.78 kg
9	Barrage à mousse	3360kg

$$Q_{Toit} = 234824.69$$

- $V_{\text{liquide dép}} = \frac{Q_{Toit}}{\rho}$  Avec:  $Q_{Toit} = 234.48 \text{ T}$ .

$$\rho = 900 \text{ Kg /m}^3$$

$$V_{\text{liquide dép}} = 260.53 \text{ m}^3$$

$Q_{Toit}$  : La masse du toit avec tous ses accessoires.

$\rho$  : La masse volumique du produit  $\rho = 0.9 \text{ Kg /m}^3$  selon API 650.

$V_{\text{liquide dép}}$ : Le volume de liquide déplacé.

$$V_{\text{liquide dép}} = \gamma' \times S (\text{pont inférieur}) \times h_{e1}$$

**Remarque :**

$\gamma'$  : Coefficient de chargement, en prenant en compte la différence entre le poids utilisé et le poids réels du toit avec tous les éléments, en respectant les conditions de sécurité(0.9).

Avec :

$h_{e1}$  : La hauteur de flottabilité nécessaire et  $h_{toit} = 940 \text{ mm} = 0.940 \text{ m}$ .

$$h_{e1} = \frac{V_{\text{liquide dép}}}{\gamma' \times S (\text{pont inférieur})} = \frac{260.53}{0.9 \times 1561.5} = 0.185 \text{ m}$$

$$h_{e1} = 0.185 < h_{toit} = 0.940 \quad (\text{le toit est vérifié à la flottabilité selon 1er cas}).$$

- **Volume de produit repoussé**

$$V = \pi r^2 h_{e1} = 3.14 \times (22.5)^2 \times 0.185 = 294.08 \text{ m}^3.$$

### III.6.5.2 Cas d'une charge de 25 daN/m<sup>2</sup> de sable

$$25 \text{ daN/m}^2 = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{Sable} = 25 \times (\pi \times D^2 / 4) = 39.74 \text{ t}.$$

$$V_{\text{liquide dép}} = \frac{Q_{Toit}}{\rho} \text{ Tel que } Q = 234.48 + 39.74 = 274.22 \text{ t}.$$

$$V_{\text{liquide dép}} = \frac{Q_{\text{Toit}}}{\rho} = 304.68 \text{ m}^3$$

$$h_{e1} = \frac{V_{\text{liquide dép}}}{\gamma' \times S(\text{pont inférieur})} = \frac{304.68}{0.9 \times 1561.5} = 0.216 \text{ m}$$

- **Volume de produit repoussé**

$$V = \pi r^2 h_{e1} = 3.14 \times (22.5)^2 \times 0.216 = 343.35 \text{ m}^3.$$

$$h_{e1} = 0.216 \text{ m} < h_{\text{toit}} = 0.940 \text{ m} \rightarrow (\text{le toit est vérifié à la flottabilité selon 2 ème cas})$$

### III.6.5.3 Cas de deux compartiments adjacents perforés

Niveau du produit repoussé au-dessus de la membrane :

$$V' = [n / (n - 2)] (Q / \rho)$$

n : étant le nombre total de compartiments n = 24

$$V' = [24 / (24 - 2)] (274.22 / 0.9) \quad \Rightarrow V' = 332.38 \text{ m}^3$$

$$h_{e1} = \frac{V_{\text{liquide dép}}}{\gamma' \times S(\text{pont inférieur})} = \frac{332.39}{0.9 \times 1561.5} = 0.236 \text{ m}$$

$$h_{e1} = 0.236 \text{ m} < h_{\text{toit}} = 0.940 \text{ m}$$

- **Volume de produit repoussé**

$$V = \pi r^2 h_{e1} = 3.14 \times (22.5)^2 \times 0.236 = 373.15 \text{ m}^3.$$

**A partir de 1 ; 2 et 3 la flottabilité du toit est vérifiée.**

## III.7 CONCLUSION

Le dimensionnement est une étude approfondie et très importante pour la réalisation des constructions, elle est la base située avant la pratique est la mise en œuvre, donc elle nécessite une précision et une calcification des salariés.

# **IV. Chapitre IV**

## **IV.1 INTRODUCTION**

Afin d'avoir une utilisation lisse et facile de réservoir, il va falloir installer des accessoires au tour de notre structure.

## **IV.2 LES ESCALIERS HELICOÏDAUX**

L'escalier permet d'accéder à la partie supérieure du réservoir. Il peut constituer par des marches boulonnées sur des limons reliés entre eux par des plates-formes. Il sera du type standard, entièrement fabriqué en acier (E.28) et conforme à la Norme API. 650.Std et règlement de sécurité en vigueur.

### **IV.2.1.1 Recommendation**

Toutes les pièces doivent être métalliques.

- Largeur dès l'escalier (minimum) 61 cm.
- Angle de l'escalier avec l'horizontale (maxi) 50°.
- Largeur des girons (minimum) 20,5 cm.

Le giron (défini comme la distance horizontale des nez de deux marches successives) et la hauteur de marche doivent être tels que la somme de 2 hauteurs + le giron ne doit pas être inférieure à 66 cm. La hauteur de marche doit être uniforme sur tout l'escalier.

- Marches en caillebotis ou en matériau antidérapant.
- La lisse supérieure doit se raccorder avec la main courante de la plateforme sans décalage, et la hauteur mesurée verticalement depuis le nez de la marche devra être de 762-863,6 mm.
- Distance entre les boutons de lisse (maximum) mesurée le long de la pente de la lisse 2438,4 mm.
- La structure terminée devra pouvoir supporter une charge vive concentrée de 1000 lb (9.07 daN) et la structure de la main courante devra pouvoir supporter une charge de 200 lb (1.8 daN) appliquée dans une quelconque direction en un point quelconque de la lisse supérieure.
- Les mains courantes devront régner des deux côtés des escaliers droits ainsi que des escaliers circulaires lorsque l'espace entre les robes de réservoir et le limon de l'escalier dépasse 203,2 mm.

- Les escaliers à quartier tournant devront être totalement supportés par la robe du réservoir et les extrémités de limon ne devront pas toucher le sol.



Figure IV. 1 Escaliers hélicoïdaux

Pour faciliter le dimensionnement des composants de l'escalier hélicoïdal on considère ce dernier comme un escalier droit et on fait le dimensionnement comme suit :

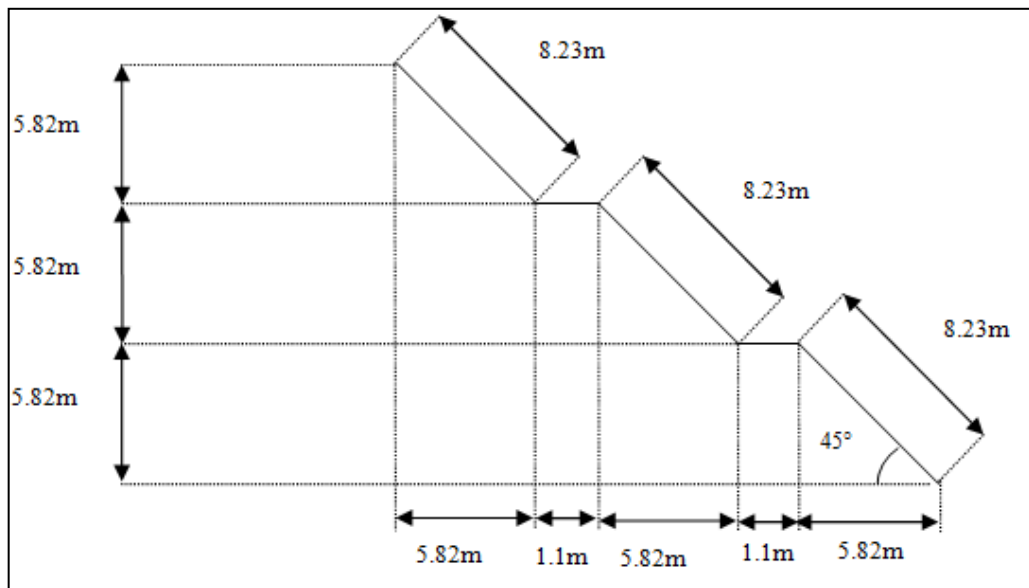


Figure IV. 2 Schéma de l'escalier hélicoïdal



### IV.2.2 Dimensionnement Les marches

D'après l'API 650,  $2h + b > 660 \text{ mm}$

On prendre:

- La longueur de la marche  $L = 900 \text{ mm}$ .
- La largeur de la marche  $l = 230 \text{ mm}$
- La hauteur des marches  $H = 220 \text{ mm}$

$2h + b > 660 \text{ mm} \Rightarrow 2 \times 220 + 230 = 670 > 660$  (*La recommandation N° 3 est vérifiée*)

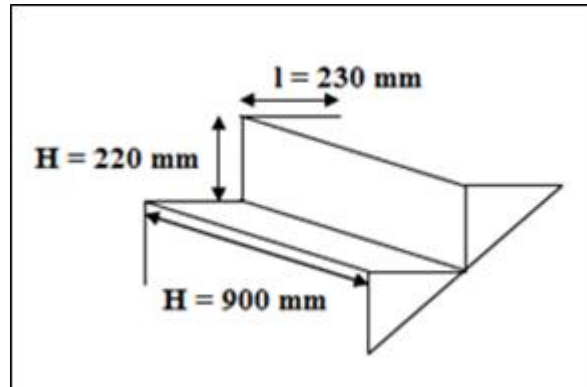


Figure IV. 3 Schéma des marches

Les marches sont construites par des tôles striées,  
Les marches sont des tôles striées de caractéristique suivant :

- $E = 0.005 \text{ m}$
- $C_p = 54 \text{ kg / m}^2$
- $W_Y = 0.191 \text{ cm}^3$

### IV.2.3 Etude du vent

#### IV.2.3.1 Rapport de dimension

Dans notre projet et pendant le dimensionnement de l'escalier hélicoïdale on a choisi l'angle  $\alpha = 45^\circ$ .

D'après l'NV65 règle 4.232 page 89 on a :

$$\lambda = \frac{h\alpha}{l}$$

: Dimension d'un versant suivant la ligne de plus grand pente.

$l$  : dimension horizontale d'un versant.

: angle de la ligne de  $P$

$$\lambda = \frac{8.23}{5.82} = 1.414 \Rightarrow \gamma = 1,31 \text{ NV65 (4.2.2.3 / page 106)}$$

- Actions résultants sur l'escalier C:

$$C = c \times \gamma\alpha$$

On a :  $40^\circ < \alpha < 50^\circ$

$$\gamma_\alpha = \frac{50-\alpha}{10} \times \gamma + \frac{\alpha-40}{10} = 1.155$$

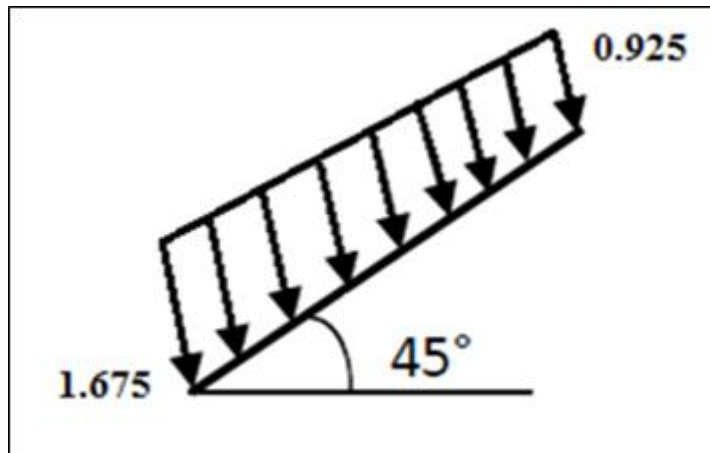


Figure IV. 4 Action du vents sur les escaliers  
 Les actions résultant unitaires sont proportionnelles au  $\gamma_\alpha$  (RNV65 12-3.1.3/page 212)

$c = 1.675$  sur le bord d'attaque.  
 $c = 0.925$  sur le bord de fuit.

$$C = c \times \gamma_\alpha$$

$$C = 1.675 \times 1.155 = 1.934$$

$$C = 0.925 \times 1.155 = 1.068$$

$$C_{max} = 1.986$$

Charge due au vent : .....chapitre II

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Vitesse de vent : } V = 144 \text{ Km/h} \\ q_{10} = 115.20 \text{ daN/m}^2 \\ q_h = 2.5q_{10} \frac{h+18}{h+60} = 2.5 \times 115.20 \times \frac{17.452+18}{17.452+60} \\ q_{17.452} = 131.82 \text{ daN/m}^2 \\ Q_v = q_h \cdot K_s \cdot K_m \cdot \delta \cdot c \cdot \beta \\ \text{Coefficient de site : } k_s = 1.3 \\ \text{Coefficient de masque pas d'effet de masque } k_m = 1 \\ \text{Coefficient de majoration : } \beta = 1.92. \\ \text{Coefficient de réduction } \delta \text{ des pressions dynamiques :} \\ H = 17.452 < 30\text{m donc } \delta = 0,73(\text{NV65 Pag : 219}) \\ C_{max} = 1.986 \end{array} \right.$$

$$Q_v = q_h \times K_s \times K_m \times \delta \times C_{max} \times \beta$$

$$Q_v = 131.82 \times 1.3 \times 1 \times 0.73 \times 1.986 \times 1.92 = 477.01 \text{ daN/m}^2$$

#### IV.2.4 Evaluation des charges des marches

La marche est soumise aux charge et surcharges :

- Charge Permanente :

$$\text{Poids de la marche : } G = cp \times l = 54 \times 0.230 = 12.42 \text{ daN/m}$$

- Charge du vent :  $Qv = 477.01 \times 0.230 = 109.71 \text{ daN/m}$

$$G_{Total} = 122.13 \text{ daN/m} = 0.122 \text{ KN/m}$$

- La surcharge exploitation :

$$P_{exp} = 2 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{exp} = P_{exp} \times l = 2 \times 0.230 = 0.46 \text{ KN/M (Poids d'une seule personne + les accessoires)}$$

- Calcul a L'ELS :

$$Q_1 = G + Q = 0.122 + 0.46 = 0.582 \text{ KN/m}$$

- Calcul a L'ELU :

$$Q_2 = 1.35G + 1.5Q = 1.35 \times 0.122 + 1.5 \times 0.46 = 0.854 \text{ KN/m}$$

#### IV.2.5 Verifications des marches

##### ❖ Pré dimensionnement des supports

On dimensionne les supports des marches sous la condition de la flèche suivant :

$$f_y = \frac{5 \times Q_1 \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq f_{adm} = \frac{L}{200}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{200} = \frac{0.9}{200} = 0.0045 \text{ m.}$$

$$I_y \geq \frac{5 \times 200 \times Q_1 \times L^3}{384 \times E} \rightarrow I_y \geq 5.26 \times 10^{-9} m^4 ; I_y \geq 0.526 cm^4$$

Ce qui correspond a : double cornière CAE 30×3

Caractéristiques de la CAE 30×3 :

$$I_y = 1.4 cm^4 ; M = 1.36 \text{ Kg/m} ; W_{y.el} = 0.649 cm^3 ; A = 1.74 cm^2$$

##### IV.2.5.1 Vérification de la flèche a L'ELS

La longueur des cornières  $l = 900 \text{ mm}$ .

Il faut vérifier la relation suivante:

$$\frac{5 \times Q_1 \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

- $L$  : la longueur des cornières,  $L = 0.9 \text{ m}$
- $I_y$  : l'inertie des marches striées,  $I_y = 506.95 \text{ cm}^4$
- $Q_1 = 582 \text{ dan/m}$
- $W_y = 4.408 \text{ cm}^3$

$$f = \frac{5 \times Q_1 \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 582 \times 0.9^4}{384 \times 2.1 \times 10^{11} \times 506.95 \times 10^{-8}} = 4.670 \times 10^{-6}$$

$$0.00467 \text{ mm} \leq \frac{900}{200} = 4.5 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{(Condition vérifiée).}$$

*Donc la marche est vérifiée à la flèche.*

**IV.2.5.2 Vérification de la résistance**

La condition de la résistance est la suivante :

$$M_{sd} \leq M_{Rd}$$

$$M_{sd} = \frac{Q_2 \times L^2}{8} = \frac{854 \times 0.9^2}{8} = 86.46 \text{ daN/m}$$

Calcul le moment  $M_{Rd}$  :

Classification de la section (EURO CODE 3-P14) :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{3} = \frac{30}{3} = 10 \leq 15\varepsilon \\ \frac{h+b}{2t} = \frac{30+30}{6} = 10 \leq 11.5\varepsilon \end{array} \right.$$

$\varepsilon = 1 \dots\dots\dots$  Donc la section de classe 3.

Donc :

$$M_{Rd} = \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{4.408 \times 235}{1.1} = 941.70 \text{ daN/m}$$

$$M_{sd} = 86.46 \text{ daN.m} \leq M_{Rd} = 941.70 \text{ daN.m} \qquad \text{(Condition vérifiée).}$$

*Donc la marche est vérifiée à la résistance.*

### IV.2.6 Calcul de limon

On choisi pour limon un profilé UPN 160 de caractéristique suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 8.50 \text{ m} \\ I_y = 925 \text{ cm}^4 \\ W_{y,el} = 116 \text{ cm}^3 \\ A = 24 \text{ cm}^2 \\ M = 19.3 \text{ Kg/m} \end{array} \right.$$

#### IV.2.6.1 Evaluation des charges

Une volée contient deux limons, et chaque limon doit supporter la moitié des charges et des surcharges exercées sur la volée.

- La charge permanente :
  - La marche :  $G = 0.5 (54 \times 0.9) = 24.3 \text{ daN/m}$
  - La masse de profil  $G_1 = 19.3 \text{ Kg/m} = 19.3 \text{ daN/m}$
  - $G_{total} = 24.3 + 19.3 = 43.6 \text{ daN/m}$
  - La longueur d'une marche :  $L = 900 \text{ mm}$
  - La longueur totale du limon :  $8.23 \text{ m}$ .
  - La hauteur de volée :  $H = 5.82 \text{ m}$ .

$$\text{Le nombre de marches : } N = \frac{H}{H_{marches}} = \frac{5.82}{0.22} = 26.5 \text{ marches}$$

$$N = 27 \text{ marches}$$

- La surcharge exploitation :
 
$$P = \frac{120}{0.9} = 133.33 \text{ daN/m}$$

$$\text{La charge non pondérée } Q_1 = G + P = 179.78 \text{ dan/m.}$$

$$Q_1 = 179.78 \text{ dan/m.}$$

$$\text{La charge pondérée : } Q_2 = 1.35 \times G_t + 1.5 \times P$$

$$Q_2 = 1.35 \times 43.6 + 1.5 \times 133.33 = 258.81 \text{ dan/m}$$

$$Q_2 = 258.81 \text{ dan/m}$$

#### IV.2.6.2 Vérification du limon

##### IV.2.6.2.1 La vérification de la flèche

Le limon doit satisfaire la condition de la flèche suivante :

$$\frac{5 \times Q_1 \times \cos \alpha \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

Avec :

$\alpha$ : L'angle d'inclinaison du limon,  $\alpha = 45^\circ$

L : La longueur totale du limon,  $L = 8.23$  m.

AN :

$$f = \frac{5 \times Q_1 \times \cos \alpha \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 179.78 \times \cos 45 \times 8.23^4}{384 \times 2.1 \times 10^{11} \times 925 \times 10^{-8}} = 3.909 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$f = 3.909 \text{ mm}$$

$$3.909 \text{ mm} \leq \frac{8230}{200} = 41.15 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{Condition vérifiée}).$$

*Donc le limon est vérifié à la flèche.*

#### IV.2.6.2.2 Vérification de la résistance

(Eurocode 3 page 193.4-4-3)

La condition de la résistance est la suivante :

$$M_{sd} \leq M_{rd}$$

$$M_{sd} = \frac{Q_2 \times \cos \alpha \times L^2}{8} = \frac{258.81 \times \cos 45 \times 8.23^2}{8} = 1549.44 \text{ daN.m}$$

$$M_{sd} = 1549.44 \text{ daN/m}$$

$$M_{rd} = \frac{f_y + W_y}{\gamma_0} = \frac{34.24 \times 116}{1.1} = 3610.76 \text{ daN.m}$$

$$M_{rd} = 3610.76 \text{ daN.m}$$

$$M_{sd} = 1549.44 \text{ daN/m} \leq M_{rd} = 3610.76 \text{ daN.m} \dots\dots (\text{Condition vérifiée}).$$

#### IV.2.6.2.3 Effort tranchant (la compression)

(eurocode 3 page 193 .4-4-4)

Pour que le limon résiste à la compression, il faut que :

$$N_{sd} \leq N_{rd}$$

N: effort de compression

$N_R$ : effort normal de la plastification

$$N = Q_2 \sin \alpha L = 258.81 \times \sin 45 \times 8.23 = 15.06 \text{ KN}$$

$$N = 15.06 \text{ KN}$$

$$N_r = A \left( \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_0} \right) = 24 \times 10^2 \times \left( \frac{342.4 \div \sqrt{3}}{1.1} \right) = 431.31 \text{ KN}$$

$$N_r = 431.31 \text{ KN}$$

$$N = 15.06 \text{ KN} \leq N_r = 431.31 \text{ KN} \dots\dots\dots (\text{Condition vérifiée}).$$

#### IV.2.6.2.4 Interaction effort tranchant / moment fléchissant

$$N_{sd} \leq \frac{N_{rd}}{2}$$

$$N = 15.06 \text{ KN} \leq \frac{N_{rd}}{2} = \frac{431.31}{2} = 215.655 \text{ KN}$$

Donc :

*N'pas d'interaction effort tranchant et moment fléchissant.*

*D'après les vérifications le profilés UPN160 est adoptes comme limon.*

#### IV.2.7 Calcul du palier de repos

Nous avons prévu pour le palier de repos, une tôle striée d'épaisseur 5 mm, posée sur des poutres UPN 100, comme l'indique la figure ci-dessous :

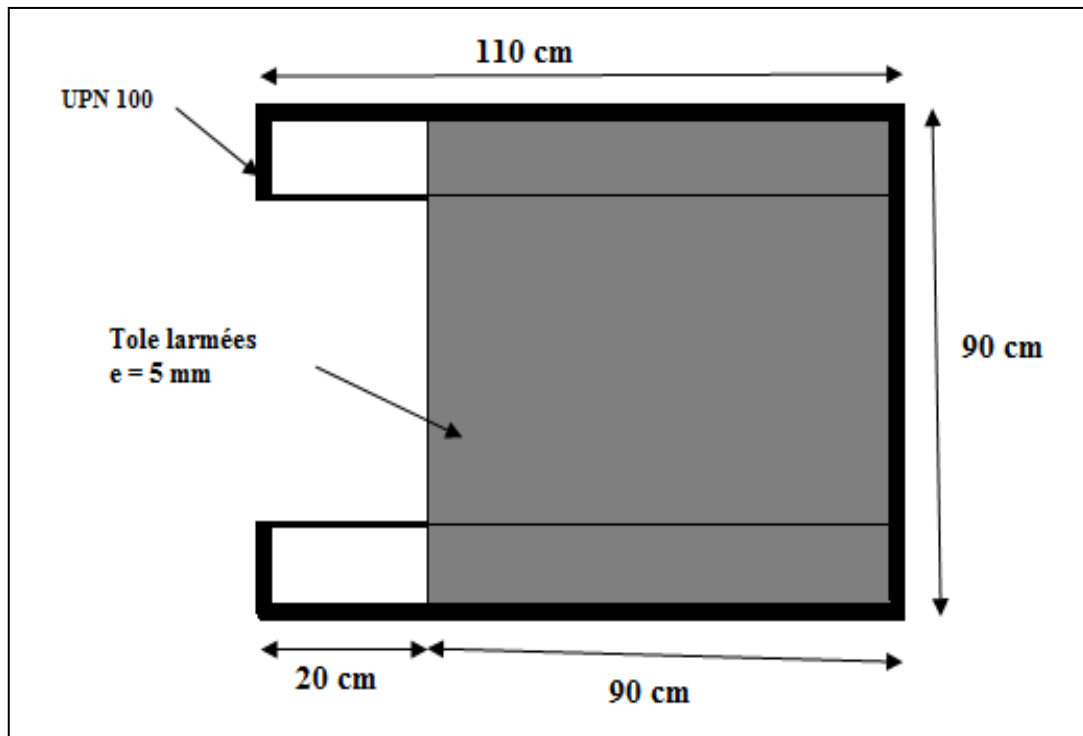


Figure IV. 5 Eléments constructifs du palier de repos

- Les caractéristiques de UPN 100 :

$$\left. \begin{array}{l} I_y = 206 \text{ cm}^4 \\ W_{y,el} = 41.2 \text{ cm}^3 \\ A = 13.5 \text{ cm}^2 \\ M = 10.9 \text{ Kg/m} \end{array} \right\}$$

#### IV.2.7.1 La tôle

La tôle est de caractéristique suivantes :

- $e = 0,005 \text{ m}$ .
- $a = 0,9 \text{ m}$ .
- $b = 1,1 \text{ m}$ .

Avec l'acier A283 Gr C

##### IV.2.7.1.1 Evaluation des charges

- La charge Permanente :

$$\text{La tôle : } G = 7850 \times 0,005 \times 0,9 \times 1,1 = 38,85 \text{ daN}$$

$$G_{\text{tôle}} = \frac{38,85}{0,9 \times 1,1} = 39,24 \text{ daN/m}^2$$

- la sur charge d'exploitation :



$Q = 2.5 \text{ KN/m}^2$  ..... (Poids de deux personnes + les accessoires).

$$Q = \frac{250}{1.1 \times 0.9} = 252.52 \text{ daN/m}^2$$

La charge non pondérée :  $Q_1 = G + Q = 39.24 + 252.52 = 291.76 \text{ daN/ m}^2$

$$Q_1 = 291.76 \text{ daN/ m}^2$$

La charge pondérée :  $Q_2 = 1.35 G + 1.5 Q = 1.35 \times 39.24 + 1.5 \times 252.52 = 431.75 \text{ daN/ m}^2$

$$Q_2 = 431.75 \text{ daN/ m}^2$$

#### IV.2.7.1.2 Vérification de la flèche

On a pour une plaque rectangulaire uniformément chargée, encadrée sur 4 cotés :

$$e = 0.005 \text{ m} ; b = 0.9 \text{ m} ; a = 0.9 \text{ m}$$

Supposant que le centre du repère (OXY) est confondu avec le centre de gravité de la plaque. La flèche maximale (quand  $x=0$ ,  $y=0$ ), est :

$$\frac{a}{b} = \frac{0.9}{0.9} = 1.222 \quad \alpha = 0.0138$$

$$f = \frac{\alpha \times Q_1 \times a^4}{E \times e^3} = \leq \frac{900}{200}$$

$$\text{AN : } f = \frac{0.0138 \times 291.76 \times 10^{-6} \times 900^4}{21000 \times 5^3} = 1.006 \text{ mm} \leq \frac{900}{200} = 4.5 \text{ mm}$$

(Condition vérifiée).

#### IV.2.7.2 Élément 1 : UPN 100

Cette poutre des charges et surcharges de palier de repos.

La poutre a les caractéristiques suivantes :

$$I_y = 206 \text{ cm}^4 ; A = 13.5 \text{ cm}^2 ; W_{y,el} = 41.2 \text{ cm}^3 ; M = 10.9 \text{ Kg/m} ; L = 0.9 \text{ m}.$$

##### IV.2.7.2.1 Evaluation des charges

- la charge permanente :
  - La tôle :  $G = 39.24 \times 0.9 = 35.31 \text{ daN/m}$ .
  - La poutre (UPN 100) :  $G_1 = 10.9 \text{ daN/m}$ .

$$G_{total} = 35.31 + 10.9 = 46.21 \text{ daN/m}.$$

- La surcharge d'exploitation :
  - $P = 250 \times 0.9 = 225 \text{ daN/m}$ .
  - $P = 225 \text{ daN/m}$ .

La charge non pondérée :  $Q_1 = G_{total} + p = 46.21 + 225 = 271.21 \text{ daN/ m}^2$

$$Q_1 = 271.21 \text{ daN/ m}^2$$

La charge pondérée :  $Q_2 = 1.35G_{total} + 1.5Q_1 = 1.35 \times 46.21 + 1.5 \times 271.21 = 469.19 \text{ daN/ m}^2$

$$Q_2 = 469.19 \text{ daN/ m}^2$$

#### IV.2.7.2.2 Vérification de la flèche

On doit satisfaire la condition de la flèche suivante :

$$\frac{5 \times Q_1 \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

$$\text{AN : } \frac{5 \times 271.21 \times 10^{-3} \times 900^4}{384 \times 21000 \times 206 \times 10^4} = 0.0535 \text{ mm} \leq \frac{900}{200} = 4.5 \text{ mm}$$

(Condition vérifiée).

#### IV.2.7.2.3 Vérification de la résistance

La condition de la résistance est la suivante :

$$M_{sd} \leq M_{rd}$$

$$M_{sd} = \frac{Q_2 \times l^2}{8} = \frac{469.19 \times 0.9^2}{8} = 47.50 \text{ daN.m}$$

$$M_{rd} = \frac{f_y \times W_{y.el}}{\gamma_0} = \frac{342.4 \times 0.412}{1.1} = 128.24 \text{ daN.m}$$

$$M_{sd} = 47.50 \text{ daN.m} \leq M_{rd} = 128.24 \text{ daN.m} \quad (\text{Condition vérifiée}).$$

#### IV.2.7.3 Elément 2

**UPN100; L = 110 cm.**

Cette poutre des charges et surcharges de palier de repos.

La poutre a les caractéristiques suivantes :

$$I_y = 206 \text{ cm}^4; A = 13.5 \text{ cm}^2; W_{y.el} = 41.2 \text{ cm}^3; M = 10.9 \text{ Kg/m}; L = 1.1 \text{ m.}$$

#### IV.2.7.3.1 Evaluation des charges

- la charge permanente :

- La tôle :  $G = 39.24 \times 1.1 = 43.16$  daN/m.
- La poutre (UPN 100) :  $G_1 = 10.9$  daN/m.

$$G_{total} = 43.16 + 10.9 = 54.06 \text{ daN/m.}$$

- La surcharge d'exploitation :  
 $P = 250 \times 1.1 = 275$  daN/m.  
 $P = 275$  daN/m.

La charge non pondérée :  $Q_1 = G_{total} + p = 54.06 + 275 = 329.06$  daN/  $m^2$

$$Q_1 = 329.06 \text{ daN/ } m^2$$

La charge pondérée :  $Q_2 = 1.35G_{total} + 1.5Q_1 = 1.35 \times 54.06 + 1.5 \times 329.06 = 566.57$  daN/  $m^2$

$$Q_2 = 566.57 \text{ daN/ } m^2$$

#### IV.2.7.3.2 Vérification de la flèche :

On doit satisfaire la condition de la flèche suivante :

$$\frac{5 \times Q_1 \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

$$\text{AN : } \frac{5 \times 329.06 \times 10^{-3} \times 1100^4}{384 \times 21000 \times 206 \times 10^4} = 0.1450 \text{ mm} \leq \frac{1100}{200} = 5.5 \text{ mm}$$

**(Condition vérifiée).**

#### IV.2.7.3.3 Vérification de la résistance

La condition de la résistance est la suivante :

$$M_{sd} \leq M_{rd}$$

$$M_{sd} = \frac{Q_2 \times l^2}{8} = \frac{566.57 \times 1.1^2}{8} = 85.69 \text{ daN.m}$$

$$M_{rd} = \frac{f_y \times W_{y,el}}{\gamma_0} = \frac{342.4 \times 0.412}{1.1} = 128.24 \text{ daN.m}$$

$$M_{sd} = 85.69 \text{ daN.m} \leq M_{rd} = 128.24 \text{ daN.m} \quad \textbf{(Condition vérifiée).}$$

#### IV.2.8 Calcul de la console (renfort)

Chaque hauteur de 5.58 m il y'a un console. On a choisi pour les consoles un profil

**L 60×60×8**

On prend la longueur du braquent : **L = 1.18 m ;  $\alpha = 50^\circ$**

#### IV.2.8.1 Les charges

$$Q = \frac{G_{(marche+corniere)}}{2} + \frac{G_{(t\acute{o}le)}}{4} + \frac{G_{(putre\ 0.9)}}{2} + \frac{G_{(poutre\ 1.1)}}{2} + \frac{G_{(limon)}}{4} + q_{exploitation}$$

$$G_{(marche+corniere)} = G_{marche} + 20\%G_{marche} = 12.42 + 2.48 = 14.90 \text{ daN}$$

$27 \text{ marches} / 3 = 9$  ; Nombre des marches supportées par limon **9** marches.

$$G_{t(marche+corniere)} = 14.90 \times 9 = 134.1 \text{ daN}$$

$$G_{(putre\ 0.9)} = 10.9 \times 0.9 = 9.81 \text{ daN}$$

$$G_{(poutre\ 1.1)} = 10.9 \times 1.1 = 11.99 \text{ daN}$$

$$q_{exploitation} = 250 \text{ daN}$$

$$G_{(limon)} = 19.3 \times 8.23 = 158.83 \text{ daN}$$

$$G_{(t\acute{o}le)} = 38.85 \text{ daN}$$

$$Q = 134.1/2 + 38.85/4 + 9.81/2 + 11.99/2 + 158.83/4 + 250 = 376.12 \text{ daN}$$

$$Q_{(console)} = \frac{Q}{\cos \alpha} = \frac{376.12}{\cos 50} = 585.13 \text{ daN}$$

$$Q_{(console)} = 585.13 \text{ daN}$$

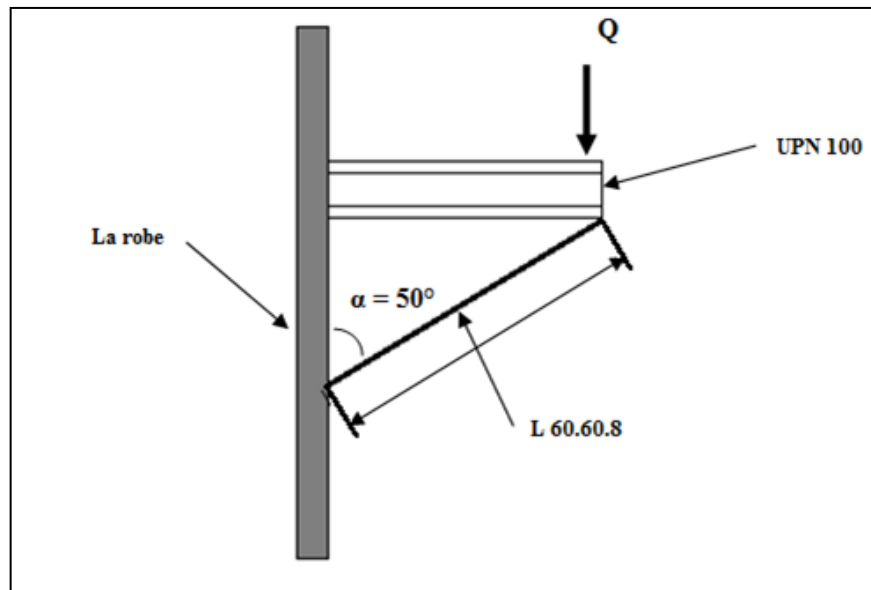


Figure IV. 6 Schéma représentatif du Renfort

#### IV.2.8.2 Classification de la section

(Eurocode 3. Tableau 5.3.1 page 182)

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.92$$

La limite élastique  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

$$\frac{h}{t} = \frac{60}{8} = 7.5 \leq 15\varepsilon = 13.8$$

$$\frac{b+h}{2t} = \frac{60+60}{2 \times 8} = 7.5 \leq 11.5\varepsilon = 10.58$$

D'où la section est de classe 3.

#### IV.2.8.3 Vérification au résistance à la compression

$$N_{sd} \leq N_{c.Rd}$$

$N_{c.Rd}$  : Résistance de calcul a la compression de la section transversale.

$$N_{c.Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0}$$

$$A = 9.03 \text{ cm}^2 ; \gamma_{M0} = 1.1$$

$$N_{c.Rd} = 903 \times 275 / 1.1 = 2257.5 \text{ daN}$$

$$N_{sd} = Q_{(console)} \times P_{(console)}$$

$$P_{(console)} = 7.09 \times 1.18 = 8.36 \text{ daN} = 0.0836 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 585.13 + 8.36 = 593.49 \text{ daN}$$

$$N_{sd} = 593.49 \text{ daN} \leq N_{c.Rd} = 2257.5 \text{ daN} \quad (\text{Condition vérifiée})$$

#### IV.2.8.4 Résistance au flambement

D'après L'EURO CODE 3-Page109 :

On a  $N_{sd} = 593.49 \text{ daN}$

La résistance de calcul au flambement d'un élément comprimé égale :

$$N_{b.Rd} = (x \times \beta_A \times A \times f_y) / \gamma_{M1}$$

Avec :

$\beta_A$  : Section de classe 3 selon L'EURO CODE 3-Page 109 égale à 1.

$x$  : Coefficient de réduction pour le mode de flambement à considérer :

$$x = \frac{1}{\phi + [\phi^2 + \bar{\lambda}^2]^{0.5}}, x \leq 1$$

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha [\bar{\lambda} - 0.2] + \bar{\lambda}^2]$$

$\alpha$  : Facteur d'imperfection.

$$\bar{\lambda} = \left[ \beta_A A \frac{f_y}{N_{cr}} \right]^{0.5} = \left( \frac{\lambda}{\lambda_1} \right) [\beta_A]^{0.5}$$

$\lambda$  : L'élancement pour le mode de flambement.

$$\lambda_1 = 93.9\varepsilon$$

$$\varepsilon = \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0.5}; (f_y \text{ en } N/mm^2)$$

$$\lambda_1 = 93.9\varepsilon = 93.9 \times 0.924 = 86.76$$

$$\lambda = l_f / i$$

$l_f$  : Longueur de flambement (braquet encastré -articulé)  $l_f = 0,5 L = 590 \text{ mm}$

$$i : \text{Rayon de giration ; } i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{29.2}{9.03}} = 1.79$$

$$\lambda = l_f / i = 59 / 1.79 = 32.96$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) [\beta_A]^{0.5} = \left(\frac{32.96}{86.76}\right) [1]^{0.5} = 0.37 \geq 0.2 \quad (\text{il y'a risque de flambement})$$

$$\alpha = ?$$

On à une cornière donc la courbe de flambement est (c).

Tableau IV. 1 les facteurs d'imperfection

Courbe de flambement	A	B	c	d
Facteur d'imperfection $\alpha$	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\alpha = 0.49$$

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha [\bar{\lambda} - 0.2] + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0.5 [1 + 0.49 [0.37 - 0.2] + 0.37^2] = 0.61$$

$$x = \frac{1}{\phi + [\phi^2 + \bar{\lambda}^2]^2} = x = \frac{1}{0.61 + [0.61^2 + 0.37^2]^{0.5}} = 0.75 \leq 1$$

$$\text{Donc : } N_{b.Rd} = (x \times \beta_A \times A \times f_y) / \gamma_{M1} = (0.75 \times 1 \times 903 \times 275) / 1.1$$

$$N_{b.Rd} = 1693.12 \text{ daN}$$

$$N_{sd} = 593.49 \text{ daN} \leq N_{b.Rd} = 1693.12 \text{ daN} \quad (\text{Condition vérifiée donc le braquet résiste bien au flambement}).$$

### IV.3 LE FOND

Le fond des réservoirs de stockage a la forme d'un cercle ayant pour diamètre celui de réservoir plus quelques centimètres nécessaire a la soudure du cordon d'angle de la liaison robe fond.

Le fond légèrement conique avec une pente à 1% vers le périmètre, cette pente faciliter l'élimination des dépôts en fond de bac, qui s'effectue par l'intermédiaire d'une tuyauterie traversant la robe et débouchant dans une cuvette installée au point bas du fond.

Le fond est constitué :

#### **IV.3.1 Tôles centrales**

Ce sont des tôles de format standard, brutes de forges. Elles peuvent être livrées directement des forges sans passer par les usines. Elles couvrent la presque totalité du fond.

#### **IV.3.2 Tôles marginales**

Ce sont des tôles ayant la même largeur que les tôles entières mais dont la longueur est variable. En plus elles sont coupées en arc de cercle sur un des petites cotés pour la forme circulaire du fond de réservoir, l'autre côté restant équerre.

#### **IV.3.3 La cuvette**

Avec l'utilisation fréquente du bac (remplissage et vidange) des résidus se forme sur le fond, et pour le nettoyage total de bac de ces derniers on doit purifier le fond à l'aide d'une cuvette de vidange qui va être aspergé vers l'extérieur de bac avec d'une tubulure de vidange de fond.



*Figure IV. 7 La cuvette*

### **IV.4 LA ROBE**

La robe du réservoir doit résister aux contraintes développées par sa pression hydraulique du liquide stocké. Elle est constituée de rangées des tôles rectangulaires



superposées nommées viroles. Leurs épaisseurs vont en décroissant au fur et à mesure que la hauteur de l'ouvrage augmente.

#### **IV.4.1 Poutre au vent**

Les réservoirs à sommet ouvert devront être pourvus d'anneaux raidisseurs destinés à maintenir la forme circulaire lorsque les réservoirs et soumis aux efforts du vent.

Le raidisseur de la robe sert à raidir une partie de la robe et à limiter l'épaisseur des tôles.

Il se compose de :

- Plusieurs éléments standards en cornière ou fers composés.
- Un élément de fermeture.

#### **IV.4.2 Trou d'homme sur la robe**

Le trou d'homme sur robe est utilisé pour effectuer des travaux à l'intérieur du réservoir, acheminer les équipements nécessaires et accès pour exécuter les opérations d'entretien et de nettoyage.

Le trou d'homme sur robe est constitué d'une tôle de renforcement, d'un segment de tube, d'une bride, d'un couvercle (bride pleine) et accessoires (joint d'étanchéité, boulons, écrous, rondelles, ...etc.)

La fabrication des éléments du trou d'homme sera effectuée en atelier. L'assemblage du trou d'homme sur la robe de réservoir sera exécuté sur chantier, par soudage approprié.

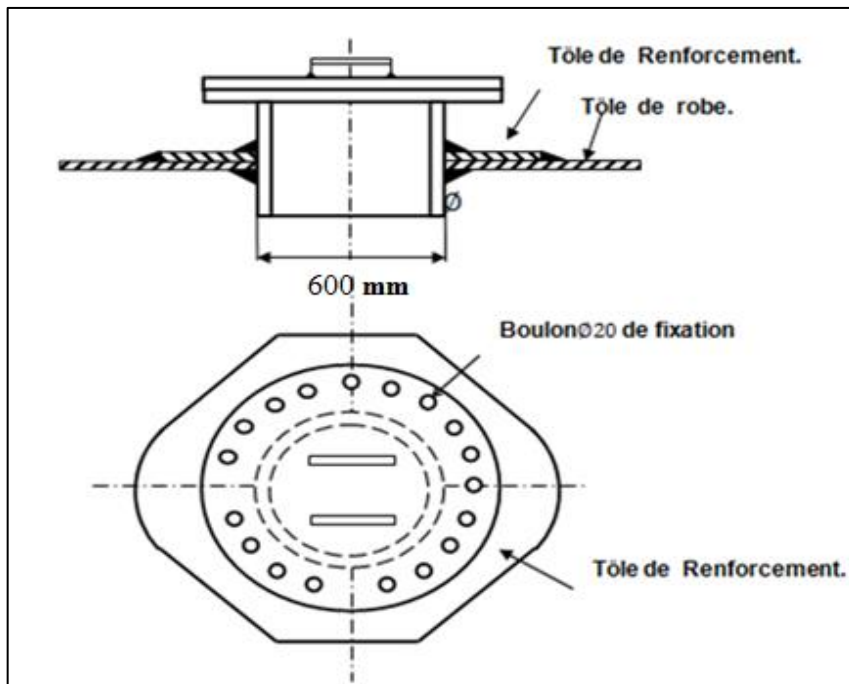


Figure IV. 8 Trou d'homme

#### IV.4.3 Porte de nettoyage

Appelé souvent « porte boulonnée » et renforcé par une tôle, elle est unique dans un bac, de dimension plus importante que le trou d'homme pour le nettoyage de réservoir.

#### IV.4.4 Porte visite

Appelé souvent « porte boulonnée » et renforcé par une tôle, elle est unique dans un Bac, de dimension plus importante que le trou d'homme pour assurer l'accès des instruments et des matériels de grande taille.

#### IV.4.5 Tubulures

Le réservoir sera muni d'un ensemble de tubulures recommandées par la Norme API. 650.Std et d'autres tubulures exigées par le client pour satisfaire à son exploitation.



*Figure IV. 9 Tubulures*

#### **IV.4.5.1 Préparation**

Tous les éléments des tubulures seront préparés en atelier.

#### **IV.4.5.2 Assemblage**

L'assemblage des éléments de tubulures sera effectué en atelier, tandis que l'assemblage des tubulures sur le réservoir sera exécuté sur site.

Recommandations : les tubulures devront être conçues et exécutées conformément aux Spécifications de la Norme API. 650.Std.

- Les principales tubulures recommandées par la Norme API. 650.Std, sont :
  - Tubulures de remplissage de 8''.
  - Tubulure de sortie de liquide 24''.
  - Tubulures de vidange avec puisard de soutirage 10''.
- Tubulures supplémentaire exigées par le client :
  - Tubulures de purge (drainage) 4''
  - Tubulures vidange (drainage) 6''
  - Tubulures pour prise d'échantillon 2''
  - Tubulures mesure de température 2''
  - Tubulures de température multipoint 2''

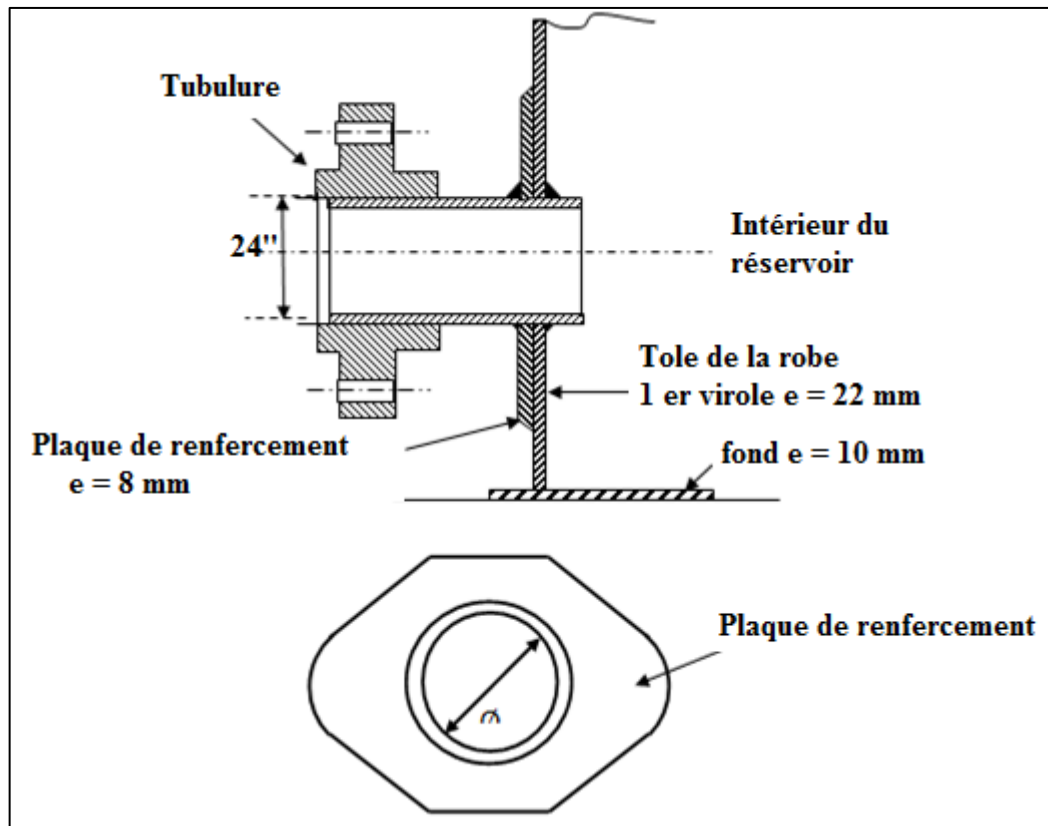


Figure IV. 10 Schéma de tubulure

#### IV.4.6 Plateforme et passerelle

La plateforme est un transite liant entre le sommet des escaliers et l'échelle roulant, ainsi il a un accès vers la poutre au vent.

La passerelle est la poutre au vent, on l'utiliser comme contour pour l'on puisse circuler au tour du sommet de réservoir afin de faire le control et l'entretien.



Figure IV. 11 Plateforme et passerelle

## IV.5 DISPOSITION DE CENTRAGE ET ANTI-ROTATOIRE

### (ELEMENT DE GUIDAGE)

Des dispositifs appropriés devront être prévus pour maintenir le toit dans une position centrée et empêcher sa rotation.

Ces dispositifs devront pouvoir résister aux efforts latéraux qui leur sont appliqués par l'échelle du toit et les efforts du vent.

Ce dispositif est composé d'un tube **Ø8pouce (36mm)**, d'une longueur de **18.50 m**. Fixé dans son extrémité inférieure sur le bas de la robe (sans toucher le fond), et l'autre extrémité est fixé sur la plate-forme.



*Figure IV. 12 Elément de guidage*

## IV.6 LE TOIT

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe du réservoir. Cet espace est obturé par un système d'étanchéité déformante qui permet au toit de coulisser sans contrainte à l'intérieur de la robe

### IV.6.1 Echelle roulant

Le toit flottant devra être muni d'une échelle s'ajustant automatiquement à n'importe quelle position du toit. De face à en permettre l'accès à tout moment.

L'échelle devra être conçue pour le déplacement complet du sans tenir compte de l'affaissement normal des supports du Si une échelle roulante est prévue.



*Figure IV. 13 Echelle roulant*

#### **IV.6.2 Les béquilles**

Le toit flottant comporte une série des supports tubulaires disposés régulièrement sur le toit. Ils servent à supporter le toit flottant lorsqu'il atteint le volume mort du réservoir. Ces pieds sont réglables en altitude par l'intermédiaire de fourreaux soudés au toit. Ils permettent de placer le toit soit en position basse de service, soit en position haut de nettoyage. Les fourreaux des pieds supports doivent avoir une longueur suffisante sous le toit pour éviter la fuite vers l'atmosphère des vapeurs piégées sous le pont central.

#### **IV.6.3 Trou d'homme sur le toit**

Au moins un trou d'homme devra être prévu sur le toit pour permettre d'accéder à l'intérieur du réservoir et assurer l'action lorsque le réservoir est vide. Le nombre de trous d'homme sur le toit devra être indiqué par le client. Les trous d'homme doivent être munis d'un couvercle boulonné à garniture étanche.

#### **IV.6.4 Drainage principale**

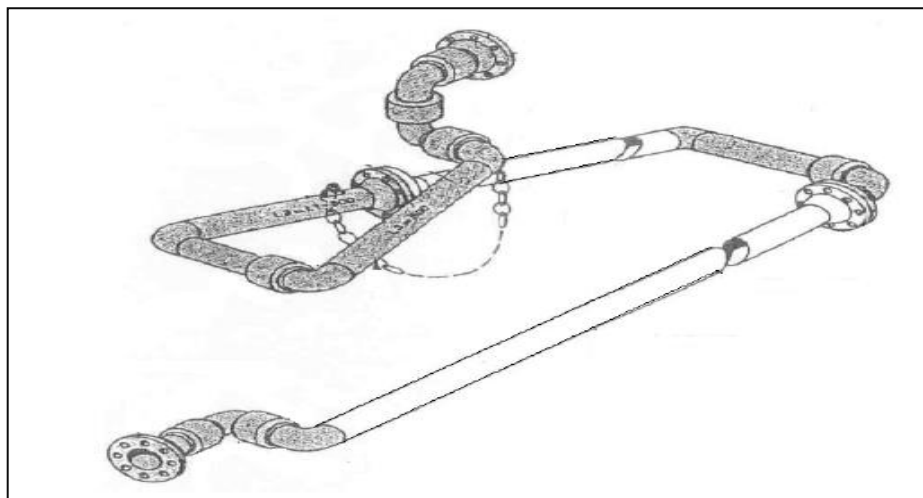
Les purges de réservoir à toit flottant sont des liaisons articulées utilisées pour évacuer l'eau de pluie accumulée sur le toit flottant des bacs de stockage.

Des dispositifs devront être prises pour empêcher l'écrasement du flexible sous les montons du toit.

La taille minimum de l'évacuation devra permettre d'éviter l'accumulation d'eau jusqu'à un niveau supérieur au niveau de service maxi. En aucun cas l'évacuation ne doit être inférieure à 3 pouces pour les toits le diamètre atteint 120 pied et 4 pouce pour les toits du diamètre supérieur à 120 pied.

*Tableau IV. 2 Diamètre minimal du drain en fonction de diamètre du toit*

Diamètre de toit (m)	Diamètre de drain (mm)
$30 \leq D$	75
$30 \leq D \leq 60$	100
$60 \leq D$	150



*Figure IV. 14 Outil de drainage principal*

#### IV.6.5 Joint d'étanchéité pour toit flottant

##### IV.6.5.1 Définition

Le composant le plus important d'un toit flottant est le joint d'étanchéité. Il est installé sur son périmètre, contre la robe du réservoir. Le joint doit à la fois fermer le plus efficacement possible l'espace annulaire compris entre la robe et le toit flottant, afin d'empêcher les évaporations, mais aussi permettre au toit de coulisser librement dans le réservoir pour suivre les fluctuations du liquide. Le joint doit aussi posséder une capacité de déformation radiale suffisante, afin de s'accommoder des défauts de rotondité et de

verticalité de la robe, ainsi que des mouvements du toit, sous l'action d'une force latérale (vent, turbulences du produit).

L'espace annulaire est en principe de 200 *mm* pour les toits flottants externes, et jusqu'à 300 *mm* pour les diamètres supérieurs à 80 *m*. Les joints sont de plus conçus pour permettre, en cas de nécessité, leur compression jusqu'à une largeur minimale de 75 *mm* en un point de la périphérie, tout en restant bien sûr en contact avec la robe sur toute sa longueur.

- Trois principaux types de joints sont employés :
  - Joint mécanique avec patins métalliques.
  - Joint élastique en mousse ou avec liquide.
  - Joint flexible à lèvre ou métallique.

#### IV.6.5.2 Choix du type de joint

Un choix judicieux du type de joint particulier pour un Bac ou un autre dépend essentiellement du type de produit stocké, et de la conception de toit. On doit également tenir compte des défauts de rotondité et de verticalité de la robe, car dans ces cas-là, le joint métallique est déconseillé. Pour notre réservoir on a opté pour le système d'étanchéité constitué d'un joint unique appelé **joint primaire**. Cette étanchéité principale peut être complétée, afin de réduire encore plus les pertes de produits, grâce à un autre joint de conception plus simple, placé au-dessus du joint primaire. Ce joint est appelé **joint secondaire**. Son installation s'est généralisée en raison des réglementations actuelles sur la limitation de la pollution atmosphérique.

#### IV.6.5.3 Joint primaire

Le joint primaire est composé principalement de mousse d'uréthane élastique comprimé, qui par son expansion assure un contact étanche entre la robe et le toit. Cette mousse est enveloppée dans un tissu caoutchouté. L'état de surface de la face interne de la robe devra être exempt d'aspérités tranchantes risquant de couper l'enveloppe. Ce joint peut être utilisé en phase liquide ou en phase gazeuse pour des pétroles bruts non paraffinés et des produits pétroliers raffinés. Sa conception permet son installation et son enlèvement à partir du dessus de la robe.

Il est composé de deux parties :



- Mousse :

Tableau IV.3 les composants de joint primaire

CARACTERISTIQUES	VALEURS	UNITES
Resistance a la rupture	0.8 à 0.9	DaN/m <sup>2</sup>
Allongement maximal	150 à 200	%
Température d'utilisation	-30 a 80	C°
Densité	+18/-1	Kg/m <sup>3</sup>

- Enveloppe :

- Epaisseur : 2 mm ± 0.2
- poids par unité de surface : 2.6 Kg/m<sup>2</sup> ± 0.1
- largeur : 200 mm

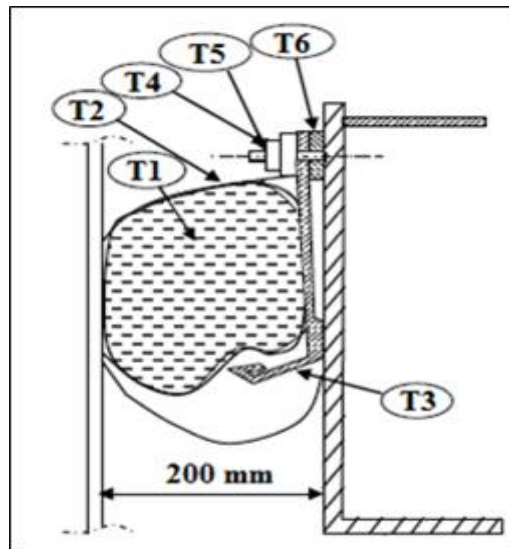


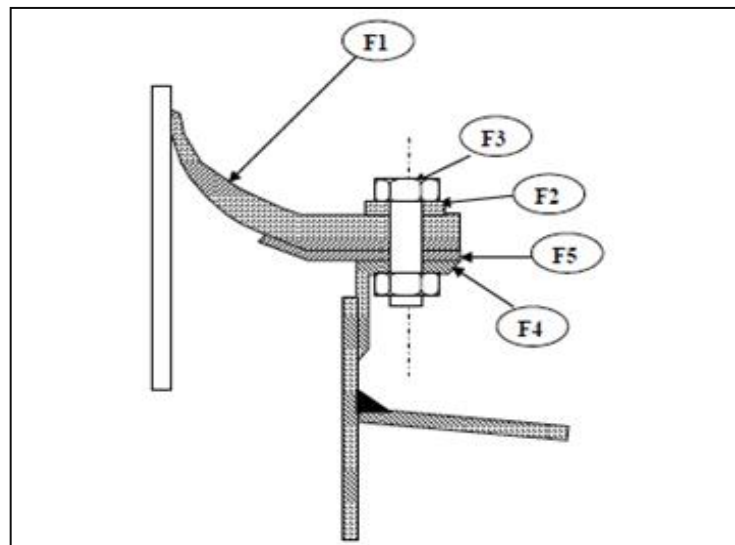
Figure IV. 15 schéma de joint primaire

- T1 : Mousse  
 T2 : Enveloppe  
 T3 : Mainteneur  
 T4 : Ecrou ∅ 8  
 T5 : couvre joint  
 T6 : plat goujon

#### IV.6.5.4 Joint secondaire

Joint à lèvre qui s'applique d'une manière continue sur la robe du réservoir et qui est fixé sur le bord du toit flottant.

Le joint est constitué d'une bande flexible en caoutchouc, le plus épais est fixée sur le toit et le bord le plus fin applique une pression sur la robe sur laquelle il frotte. La fixation est assurée par le couvre F1 et les boulons F3.



*Figure VI. 16 Schéma du Joint secondaire*

F1 : Lèvre en caoutchouc

F2 : Couvre joint

F3 : Boulon

F4 : Cornière support

F5 : souteneur

#### **IV.6.6 Les arrête-flammes**

C'est un caisson contenant un empilage de feuilles de métal gaufré ou passent les gaz avant de s'échapper dans l'atmosphère, et pour cela il est souvent installé près de la soupape ou l'évent.

#### **IV.6.7 Le jaugeur radar pour réservoir**

Ce dispositif est un système de control et de commande pour la jauge de réservoir, il peut s'interfacer avec différents capture, tels que des captures de température st de pression, de manière a créé un système d'inventaire complet, il est principalement pour éviter les explosions.

L'équipement tank radar est souvent utilisé dans les réservoirs de stockage de produit inflammables, pour protéger à la fois de parc et personnel.

Ce système utilise généralement pour :

- ❖ Exploitation des installations:

- Contrôle opérationnel et contrôle des m'élorges.
  - Contrôle du mouvement hydrocarbure.
  - Protection contre les fuites et le trop plein.
  - Revus des événements.
- ❖ Gestion globale :
- Calcules d'inventaire.
  - Contrôle des pertes.
  - Transaction commercial.
  - Transaction commercial légale.



*Figure VI. 17 Le jaugeur radar*

## IV.7 FONDATION DU RESERVOIR

L'aire du parc de stockage doit être nivelée, compacté et correctement drainée, surtout Lorsque les bacs ont de grandes capacités parce qu'ils exercent un effort considérable sur le sol Qui les supporte. Le sol doit être capable de résister à cet effort sans se déformer, afin de ne Pas créer de tension excessive sur le fond du bac.

**Fondation simple :** pour les réservoirs de capacité inférieure à 10000 m<sup>3</sup>.

**Fondation renforcée :** pour les réservoirs de capacité supérieure à 10000 m<sup>3</sup>.

La fondation représenté un élément important sur lequel repose le réservoir.

Elle porte toute la charge provoque par :

- La pression hydrostatique du liquide stockée Ph.
- la pression due au poids propre du réservoir Pr.

Des fondations mal élaborée peuvent causer des tassements irréguliers et par conséquent des fissures au corps au fond du réservoir. Elle doit être fait de manière à ce que la potence du

sol (charge admissible [P] par unité de Surface du sol) soit supérieure à celle provoquée par le liquide stocké et le réservoir :

$$[P] \geq Ph + Pr \text{ et } Ph = \rho g h$$

Avec :

$h$  : Hauteur du réservoir en (m).

$P_r$  : Poids totale du réservoir en (N).

$D_r$  : Diamètre du réservoir en (m).

$\rho$  : Densité du produit stocké en (kg /m<sup>3</sup>).

$$p_r = \frac{4 G_r}{\pi D_r}$$

#### IV.7.1 Fondation simple (V < 10000 m<sup>3</sup>)

Elle compose de 3 couches superposées :

- Une couche de sol granuleuse.
- Un lit de sable compact.
- Une couche hydro isolante

##### IV.7.1.1 Une couche de sol granuleuse

- On déblaie la couche végétale sur une épaisseur de 15 à 30 cm
- On la remplace par du sol granuleux (gales et gravier)
- On compacte cette première couche de sol granuleux
- On suppose plusieurs couches de sol granuleux compacté de 10 à 20 cm jusqu' à atteindre une hauteur comprise entre 0,5 à 2 m.
- Le compactage se fait soit par relai-compresseur soit par compacteur à plaque vibrante

##### IV.7.1.2 Un lit de sable compact

Cette couche de forme conique avec une pente de 1/15 à 1/70 est composée de sable Compacté, La forme conique permet de faciliter les opérations de purge et de nettoyage des Réservoirs lors de leur exploitation et de réduire également les contraintes thermiques. L'épaisseur minimale de la partie annulaire du lit est de 20 à 25 cm, le rayon du lit du Sable est supérieur de 70 cm à celui de réservoirs. ( $R_{lit} = R_{rés} + 70 \text{ cm}$ ).

### IV.7.1.3 Couche hydro isolante

Est un mélange de terre sablonneuse (90%) avec du bitume liquide (10%). L'épaisseur de cette couche est de 03 cm, comme les autres couches, la couche hydro isolante doit être compactée.

La partie annulaire de la fondation est renforcée par des plaques en béton.

### IV.7.2 Fondation renforcée ( $V > 10000 \text{ m}^3$ )

Les fondations renforcées sont constituées des mêmes couches que les fondations simples mais elles sont renforcées par des blocs de béton sous la partie annulaire du réservoir (sous la Robe du réservoir) formant un anneau.

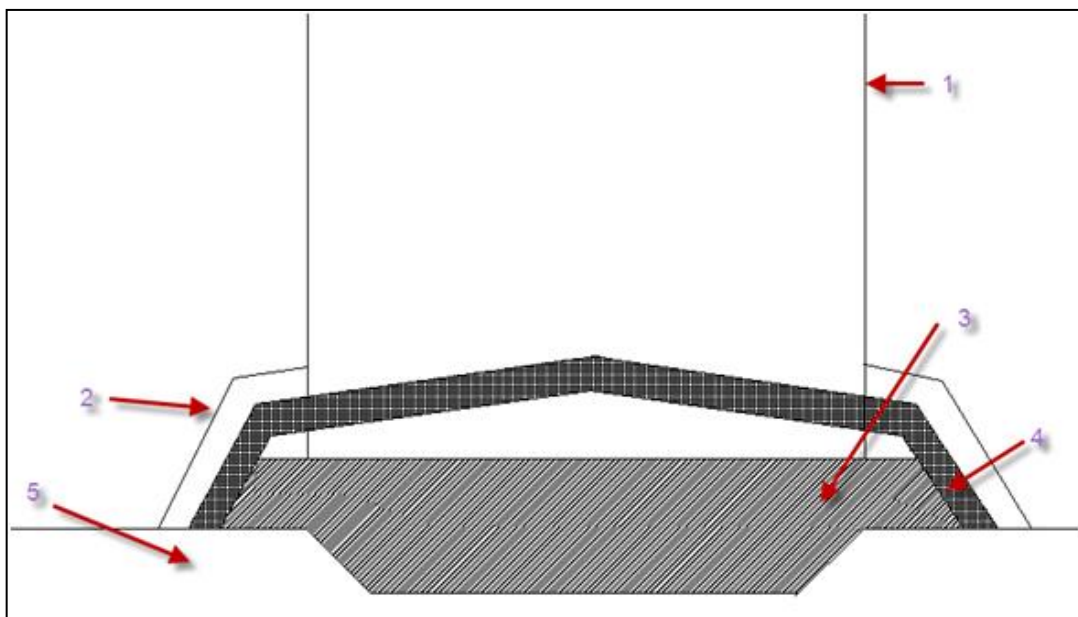


Figure IV. 18 Schéma de la fondation des réservoirs

1. Réservoir
2. Plaque en béton
3. Sable rendu compact
4. Couche hydro isolante
5. Couche de sable granuleux

## IV.8 Conclusion

On a utilisé uniquement les accessoires les plus importants et non pas ceux qui sont imposés par L'API 650 std, à ce propos on peut conclure que le toit fonction dans la bonne condition.

v. **Chapitre V**

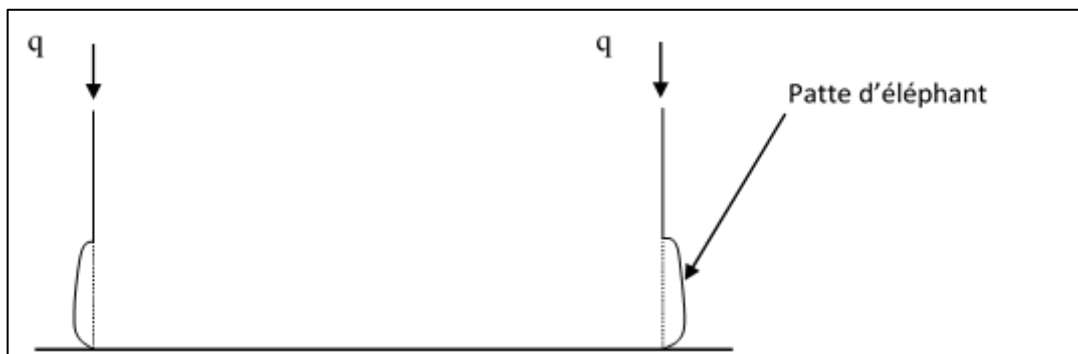
## V.1 INTRODUCTION

Le réservoir peut perdre sa stabilité sous deux directions principales :

- Direction radiale : sous l'effet du vent
- Direction axiale : sous l'effet de son poids.

La pression du vent, dont on ne connaît pas sa fonction de répartition le long de la périphérie du réservoir provoque une dissymétrie de chargement, de ce fait l'étude revient à traiter un problème de flexion non symétrique de coque cylindrique, qui conduit à des formules très compliquées à résoudre sans faire des approches numériques. Pour les résoudre, on a recours à des formules empiriques proposées par l'API650.Std

La pression longitudinale des parois due au poids de la structure peut provoquer des déformations axiales importantes, de cette compression peut en découler un phénomène qui s'appelle « patte d'éléphant » **Figure**



*Figure V. 2 Les directions radiales et axiales*

- **La conception de la poutre au vent :**

Le réservoir peut perdre sa stabilité sous deux directions principales :

- Direction radiale : sous l'effet de vent.
- Direction axiale : sous l'effet de son poids.

## V.2 POUTRE AU VENT UTILISEE COMME PASSAGE

Les réservoirs à sommet ouvert devront être pourvus d'anneaux raidisseurs destinés à maintenir la forme circulaire lorsque le réservoir est soumis aux efforts du vent. Les anneaux raidisseurs devront être placés au sommet ou au voisinage du sommet de la virole supérieure et de préférence à l'extérieur de la robe. L'épaisseur nominale minimum de la tôle utilisée pour les anneaux raidisseurs formés ou reconstitués doit être de 6,35mm. Et

pour les anneaux raidisseurs utilisé comme passage elle devra avoir une largeur au moins égale à 609,6mm, et devra être situé de préférence à 76,2 – 152,4mm au-dessous du sommet de la cornière de bordure et sera pourvu d'une main courante normale du côté non protégé et aux extrémités de la partie servant de passage (Fig : V-2).

- **Moment résistant exigé :**

Le moment résistant minimum exigé pour l'anneau raidisseur devra être déterminé par l'équation suivant :

$$Z = \frac{D^2 H}{17} \left(\frac{V}{190}\right)^2 \text{ (API650 para : 5.9.6.1)}$$

Z = Moment résistant, en cm<sup>3</sup>

D : Diamètre nominale du réservoir =45m

H<sub>2</sub> : Hauteur de robe =17.45m

V : vitesse du vent= 144km/h

$$\text{AN: } Z = \frac{D^2 H}{17} \left(\frac{V}{190}\right)^2 = \frac{45^2 \times 17.45}{17} \left(\frac{144}{190}\right)^2$$

Donc : **Z = 1193.95 cm<sup>3</sup>.**

La poutre au vent doit vérifier la condition suivante :

$$W = I / X_G > Z$$

Où : I<sub>i</sub> : moment d'inertie de la section choisie

X<sub>i</sub> : la distance au centre de gravité.

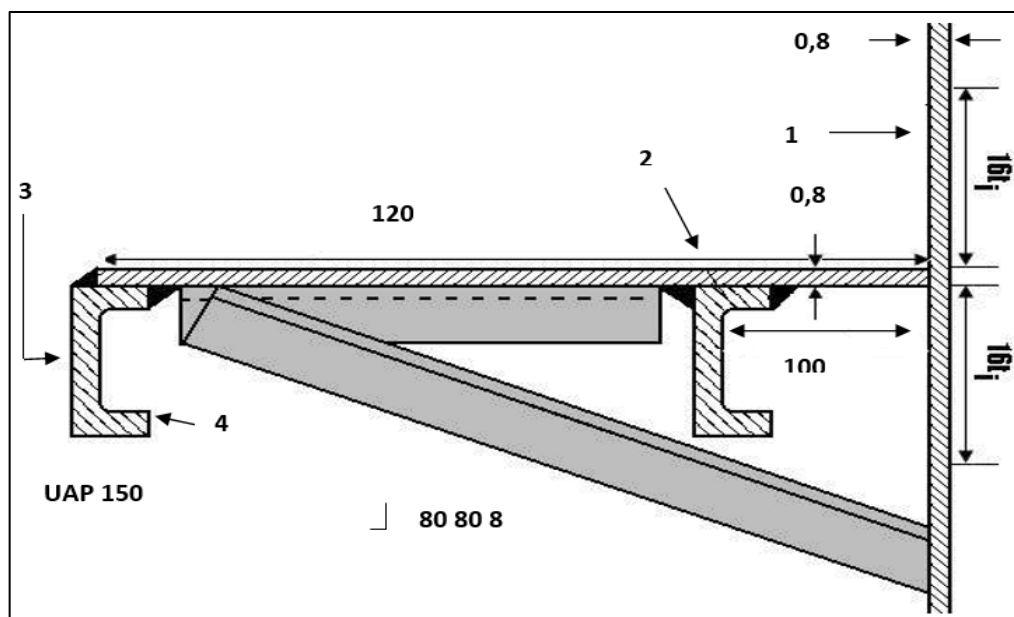


Figure V. 3 Raidisseur principal (poutre au vent)



D'après l'API 650 (tableau 5.20a, format plat : figure 5.24, détail e)  $t = 0.8\text{cm}$ .

On prend aussi  $b = 120\text{cm}$ .

- Calcul de moment d'inertie :

$$I_i = \frac{b \times a^3}{12}$$

- Section 1:  $\begin{cases} S_1 = 26,4 \times 0,8 = 21,12 \text{ cm}^2 \\ X_1 = 0,4 \text{ cm} \\ I_1 = 2,24 \text{ cm}^4 \end{cases}$

- Section 2 :  $\begin{cases} S_2 = 120 \times 0,8 = 96 \text{ cm}^2 \\ X_2 = 60,8 \text{ cm} \\ I_2 = 115200 \text{ cm}^4 \end{cases}$

- Section 3:  $\begin{cases} S_3 = 15 \times 0,8 = 12 \text{ cm}^2 \\ X_3 = 120,4 \text{ cm} \\ I_3 = 0,64 \text{ cm}^4 \end{cases}$

- Section 4:  $\begin{cases} S_4 = 6,5 \times 0,8 = 5,2 \text{ cm}^2 \\ X_4 = 117,55 \text{ cm} \\ I_4 = 18,3 \text{ cm}^4 \end{cases}$

$$X_G = \frac{\sum X_i S_i}{\sum S_i} = \frac{X_1 S_1 + X_2 S_2 + X_3 S_3 + X_4 S_4}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4} = 58,82 \text{ cm}$$

$$I = \sum I_i + \sum S_i (X_G - X_i)^2 = 2,24 + 115200 + 0,46 + 18,3 + 72080,37 + 376,35 + 45505,15 + 17935,90$$

$$I = 251118,77 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{I}{X_G} > Z = \frac{251118,77}{58,82} = 4269,27 \text{ cm}^3 > 1193,95 \text{ cm}^3$$

Donc le raidisseur intermédiaire vérifie la condition.

### V.3 STABILITE DE LA ROBE SOUS L'ACTION DU VENT

La hauteur maximale de la robe non raidie, ( $H_1$ ), Selon API 650 (para 3.9.7.1).

$$H_1(\text{max}) = 6 \times (100t) \times \sqrt{(100t/D)^3} \cdot (100/V)^2$$

Avec :

$H_1$  : La hauteur de la robe non raidie.

$t$  : Epaisseur de la dernière virole. 8mm = 0,314 Pce.

$D$  : Diamètre du réservoir. 45m = 147,6 Pieds.

$V$  : Vitesse du vent. 144Km = 89,477 mille.

$$H_1(\text{max}) = 6 \times (100 \times 0.314) \times \sqrt{(100 \times 0.314/147.6)^3} \cdot (100/89.477)^2 = \mathbf{23,06}$$

pieds

**Donc  $H_1 = 23,6$  Pieds = 7,02m.**

### V.3.1 Calcul de la hauteur transformée de la robe :

Une fois la hauteur maximale de l'enveloppe non raidie,  $H_1$  a été déterminée, la hauteur de l'enveloppe transformée doit être calculée selon l'API 650 (article 5.9.7.2) comme suit :

$$H_{tr} = \sum_{i=1}^8 H_{tri}$$

$$H_{tri} = \sum W_i \sqrt{\left(\frac{t_{uniforme}}{t_{actuel}}\right)^5}$$

Avec:

$H_{tr}$ : la hauteur transformée de la robe (m).

$W_i$ : la largeur de la virole (m).

$t_{uniforme}$  : L'épaisseur de la dernière virole (mm).

$t_{actuel}$  : L'épaisseur de la virole transformée (mm).

L'épaisseur de la dernière virole  $t_{uniforme} = \mathbf{08 mm}$ .

*Tableau V. 1 les caractéristiques de la robe transformée*

N° de virole	Epaisseur de la virole ( $t_{actuel}$ )	La largeur de la virole $W_i$ (mm)	La hauteur transformée $H_{tr}$ (mm)
1	22	2400	191.37
2	19	2400	276.09
3	17	2400	364.59
4	14	2400	592.40
5	10	2400	1373.84
6	10	2400	1373.84
7	8	2400	2400

8	8	1200	2400
			$H_{tr}$ 8.97m

Si la hauteur de la robe transformée est supérieure à la hauteur maximale  $H_1$ , une poutre de vent intermédiaire est nécessaire d'après l'API 650 (article 5.9.7.3).

On a:

$$D'où H_{tr} = 8.97 m > H_1 = 7.02 m$$

$H_{tr} > H_1$  : Le réservoir nécessite un raidisseur intermédiaire.

#### V.4 LA POSITION DE LA POUTRE INTERMEDIAIRE

Selon l'API (article 5.9.7.3.1) la poutre raidisseur intermédiaire doit être installée milieu de la robe transformée.

$$\frac{H_{tr}}{2} = \frac{8.97}{2} = 4.485 m$$

D'après l'API 650 (article 5.9.7.3) on remarque :

$$4.485 m < 7.02 m \implies \frac{H_{tr}}{2} < H_1$$

Alors on n'aura pas besoins d'une deuxième poutre intermédiaire.

##### V.4.1 Calcul du raidisseur intermédiaire

Le module d'inertie minimal requis de la section (raidisseur intermédiaire) selon l'API 650 (article 5.9.7.6) est donné par l'expression suivante :

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left( \frac{V}{190} \right)^2$$

Avec :

Z : Moment résistant ( $cm^3$ ).

D : Diamètre de réservoir (m).

$H_2$  : La distance entre la poutre intermédiaire et la cornière de rive (m).

V : La vitesse du vent (m/s).

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left( \frac{V}{190} \right)^2 = \frac{45^2 \times 4,485}{17} \left( \frac{144}{190} \right)^2 = 306,14 \text{ cm}^3$$

Le raidisseur intermédiaire doit vérifier la condition suivante :

$$W = \frac{I}{X_G} > Z$$

Avec :

I : Moment d'inertie de la section choisie (cm<sup>3</sup>).

X<sub>G</sub> : La distance au centre de gravité (cm).

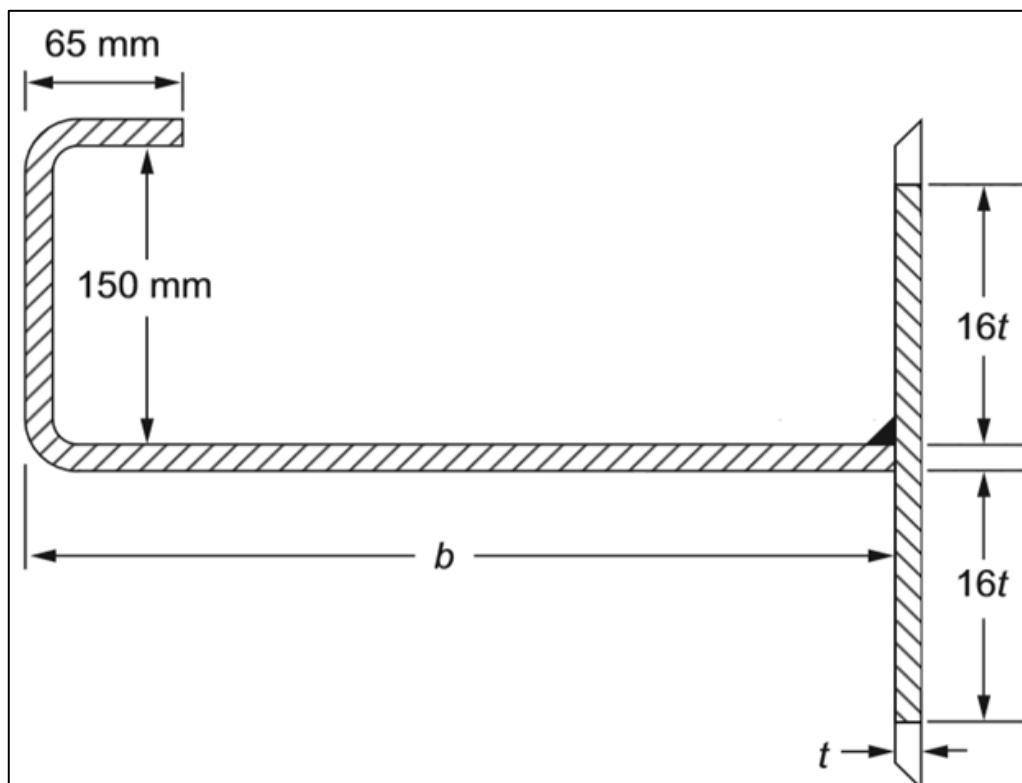


Figure V. 4 Raidisseur intermédiaire

D'après l'API 650 (tableau 5.20a, format plat : figure 5.24, détail e page 131)  $t = 10 \text{ mm}$ .

On prend aussi  $b = 425 \text{ mm}$ .

Donné de calcul :

$$\text{Section 1: } \begin{cases} S_1 = 33 \times 1 = 33 \text{ cm}^2 \\ X_1 = 0,5 \text{ cm} \\ I_1 = 2,75 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

$$\text{Section 2:} \begin{cases} S_2 = 4,25 \times 1 = 4,25 \text{ cm}^2 \\ X_2 = 22,25 \text{ cm} \\ I_2 = 6397 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

$$\text{Section 3:} \begin{cases} S_3 = 15 \times 1 = 15 \text{ cm}^2 \\ X_3 = 43 \text{ cm} \\ I_3 = 1,25 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

$$\text{Section 4:} \begin{cases} S_4 = 6,5 \times 1 = 6,5 \text{ cm}^2 \\ X_4 = 40,25 \text{ cm} \\ I_4 = 22,28 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

$$X_G = \frac{\sum X_i S_i}{\sum S_i} = \frac{X_1 S_1 + X_2 S_2 + X_3 S_3 + X_4 S_4}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4} = 17,$$

$$I = \sum I_i + \sum S_i (X_G - X_i)^2 = 29172,96 \text{ cm}^2$$

$$W = \frac{I}{X_G} > Z \rightarrow \frac{29172,96}{17,322} = 1684,15 \text{ cm}^3 > 306,14 \text{ cm}^3$$

Donc le raidisseur intermédiaire vérifie la condition.

## V.5 VERIFICATION DE RESERVOIR SOUS L'ACTION DU VENT

Il existe trois cas de situation de réservoir :

- Réservoir vide.
- Réservoir plein.
- Réservoir à moitié plein.

Le mouvement de houle étant limité par le toit flottant pour un cas de réservoir à moitié plein, Le cas le plus défavorable au vent est le cas dont le réservoir est vide.

### V.5.1 Vérification du réservoir au renversement

Vitesse de référence (maximale) du vent :  $V = 144 \text{ Km/h}$ .

Pression dynamique du vent :  $q_{10} = 98,16 \text{ daN/m}^2$ .

Coefficient globale de trainée :  $C_t = 0,405$ .

Surface projetée du réservoir :

$S = D \cdot h = 45 \times 17,454 = 785,43 \text{ m}^2$  surface projetée de la robe.

Charge engendrée par la pression du vent :

$$F = Q \times s \times C_t(NV65) = 312,21 \times 45 \times 17.454 \times 0,405 = 99313,73 \text{ daN.}$$

$$F_{\text{ext}} = 1,75 \times F = 173799,02 \text{ daN.}$$

### V.5.2 Moment de renversement du réservoir

$$M_r = F \cdot d$$

$$\text{Avec: } d = h/2 = 17,454/2 = 8,727 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow M_r = 99313,73 \times 8,727 = 866710,92 \text{ daN.m} = 8667,109 \text{ t.} \quad \mathbf{M_r = 8667,109 \text{ t.m}}$$

### V.5.3 Les Moments de stabilité du réservoir

#### a- Réservoir à vide :

$$M_{s1} = P_v \times D/2$$

Avec :

$$P_v = 565,03542 \text{ t. (poids à vide du réservoir)}$$

$$\Rightarrow M_{s1} = 565,03542 \times 22,5 = 12713,29 \text{ t.m.} \quad \mathbf{M_{s1} = 12713,29 \text{ t.m}}$$

#### b- Réservoir chargé :

$$M_{s2} = (P_v + P_c) \cdot D/2$$

Avec :

$$P_c = 20000 \text{ t (poids de la charge } 25000 \text{ m}^3 \text{ de pétrole).} \quad \mathbf{M_{s2} = 462713,29 \text{ t.m}}$$

$$\Rightarrow M_{s2} = (20000 + 565,03542) \times 22,5 = 462713,29 \text{ t.m}$$

Donc :

Le moment de stabilité du réservoir, lorsqu'il est à vide, est supérieur au moment de renversement :

$$M_{s1} = 12713,29 \text{ t.m} > M_r = 8667,109 \text{ t.m.}$$

Le moment de stabilité du réservoir, lorsqu'il est chargé, est supérieur au moment de renversement :

$$M_{s2} = 462713,29 \text{ t.m} > M_r = 8667,109 \text{ t.m.}$$

### V.5.4 Vérification au glissement

La condition de non glissement :  $P_T \cdot a > F_{\text{ext}}$

$$\text{Avec : } F_{\text{ext}} = 1,75 \cdot F = 1,75 \cdot F = 173799,02 \text{ daN.}$$

Comme le réservoir doit reposer sur une couronne en béton armé. Donc :

$$\alpha = 0,4 \text{ (le coefficient de frottement acier-béton).}$$

$$\Rightarrow P_T \cdot \alpha = 56503542 \times 0,4 = 226,014 \times 10^3 > 173,799 \times 10^3 \text{ pas de risque de glissement.}$$

### V.5.5 Vérification de cisaillement au niveau de la plate-forme

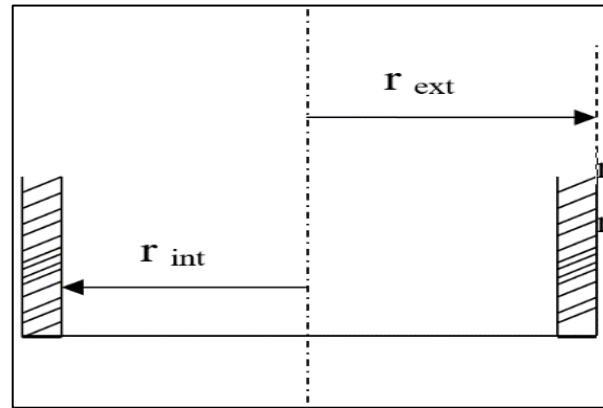


Figure V. 5 Schéma de plateforme

$$\frac{F_{ext}}{s} = \frac{F_{ext}}{\pi(r_{ext}^2 - r_{int}^2)}$$

$$F_{ext} = daN.$$

$$r_{ext} = 22,5m.$$

$$r_{int} = 21,8 m.$$

$$\tau = \frac{173799,02}{\pi(22,5^2 - 21,8^2)} = 0,001784 daN/mm^2$$

$$\tau = 0,001784 daN/mm^2 < 0,65 \sigma_e \quad \text{pas de cisaillement.}$$

## V.6 CONCLUSION

On conclut alors que le réservoir est stable à vide et en charge et ne nécessite pas de système d'ancrage au sol.

# vi. **Chapitre VI**



## **VI.1 INTRODUCTION**

La fabrication en atelier est très importante pour assurer la rapidité d'exécution, elle concerne tous les éléments de recevoir tel que le découpage et le cintrage des tôles, préparation de charpente de toit et les accessoires...etc. le fabricant ne peut modifier qu'après approbation du client.

## **VI.2 Fabrication**

### **VI.2.1 Codes Et Règlements**

- **API 650.**
- **Code ASME.**
- **Code ANSI.**

### **VI.2.2 Procédure De Fabrication**

#### **VI.2.2.1 Contrôle des plans et documents**

La qualité de la fabrication des différentes pièces des réservoirs doit être en conformité en tout point avec les plans et documents qui sont :

- Plans d'ensemble et de détails.
- Procédure de soudage.

#### **VI.2.2.2 Tôlerie**

Il faut qu'il y ait une vérification dimensionnelle des tôles brutes tel que :

Longueurs.

Largeurs.

L'épaisseur des tôles brutes.

#### **VI.2.2.3 Traçage**

Le traçage consiste à l'élaboration des croquis et épures sur la base des plans d'engineering. Tracer toute la forme des tôles utilisées dans le fond, la robe et le toit sur les tôles brutes pour couper ses formes par oxycoupage.

#### **VI.2.2.4 Préparation**

La préparation consiste à l'établissement des bons de travail et des bons de matière et à effectuer le suivi des affectations de matière.

**VI.2.2.5 Tolérance**

Avant le découpage des tôles brutes, il faut qu'il ait une vérification dimensionnelle des tôles. Les tolérances de découpage seront les suivantes :

- Largeur :  $\pm 1,5\text{mm}$
- Longueur :  $\pm 2\text{mm}$
- En diagonale :  $\pm 3\text{mm}$

Après découpage, la tôle sera chanfreinée selon les dimension donnée sur les plans. Le contrôle dimensionnel se fait au fur for et à mesure du chanfreinée.

Le nettoyage des zones traitées, à savoir : meulage des bords, s'effectuera en atelier d'assemblage, après cela la tôle sera mise sur rouleau cintreur, au rayon demandé.

La tôle une fois prête, elle sera posée sur le berceau ayant le même rayon de cintrage dont la charge utile ne dépasse pas 20 T.

**VI.2.3 Débitage des Tôles**

Le débitage consiste à la préparation des bords des tôles par cisailage ou oxycoupage en conformité aux instructions du traçage (croquis). Le cisailage ne peut être utilisé pour les tôles d'épaisseur supérieure à 10 mm (API 650 - 6.1.2). Les tôles débitées sont contrôlées et identifiées par un marquage.

**VI.2.3.1 Chan-freinage des Tôles**

Après découpage, la tôle sera chanfreinée par usinage ou oxycoupage selon les dimensions données sur les plans. Le contrôle dimensionnel se fait au fur et à mesure du chan-freinage.

- Tôles marginale : Chanfrein en V
- Tôles central : sans Chanfrein
- Tôles de la robe : Chanfrein en V et X

**VI.2.3.2 Le Cintrage ou Roulage des Tôles**

Le nettoyage de zone traitées, à savoir meulage des bords, des scories etc...s'effectuera en atelier d'assemblage. Après cela, la tôle sera mise sur rouleau de cintrreuse, au rayon demandé.la tôle une fois prête sera posée sur berceaux ayant le même rayon de cintrage dont la charge utile ne dépasse pas 20T.



*Figure VI.1 Grand rouleuse lisse*

### VI.2.3.3 Perçage

Les tôles, si c'est requis sont percées sur machine ou par poinçonnage. **Poutres et chevrons**

- Après débitage de la matière nécessaire, l'opération de découpage et perçage s'effectuera sur une chaîne – Multibroche.
- Les opérateurs superviseront le découpage selon les recommandations des plans.
- Le cintrage des pièces s'effectuera selon les rayons demandés.
- L'assemblage et le soudage des pièces constitueront la dernière opération avant leur acheminement vers le colisage puis l'expédition.

### VI.2.4 Accessoires (fabrication unitaire)

#### ➤ Tubulures :

- Le découpage des tubes se fera à la scie mécanique, selon les plans
- La soudure des brides et des tubes se fera, selon les plans.

#### ➤ Trou d'homme :

- Les cols de trous d'homme seront façonnés par oxycoupage d'une tôle, puis cintrés par laminage à froid.
- Les brides seront façonnées par oxycoupage.
- Le soudage longitudinal se fera sur les cols cintrés et les cols ainsi préparés et les brides seront alors soudées, tout cela selon les plans.
- Pour les trous d'homme sur la robe, le façonnage mécanique se fera pour la finition des brides, selon les plans.

➤ **Renfort en tôle :**

Les renforts en tôle seront découpés selon les plans après repérage de fabrication à cet effet, le trou inférieur ainsi ouvert pour recevoir le col du trou d'homme sera chanfreiné. Le renfort en tôle sera cintré de façon à ce qu'il se conforme à la courbure de la virole.

La qualité de la fabrication des différents accessoires du bac doit tenir compte des paramètres suivants :

Leur découpage et façonnage doivent être en conformité avec les plans fournis.

*Tableau VI.1 Les écart admissible*

ITEM	DIMENSIONS	TOLERANCES
<b>Tubulure sur Robe</b>	Langueur de la tubulure (entre face de la bride et bout de tube)	+5.0 mm -0.0 mm
	Inclinaison de la tubulure (face de bride/col de tubulure)	0.5° ou 2.0° mm selon la plus grande de ces deux valeurs
<b>Trou d'homme sur Robe</b>	Langueur du col (entre face de la bride et bout de tube)	+10.0 mm
	Diamètre extérieur du col	+10.0 mm
	Inclinaison du trou d'homme (face de bride/col de trou d'homme)	+1°

### VI.2.5 Soudage

- ❖ Le soudage pourra être exécuté manuellement automatiquement ou semi-automatique suivent les méthodes décrites et par des opérateurs sur machine agréés suivant la procédure décrite au code API 650, chapitre « Agrément du procédé de soudage et des soudures »

- ❖ Le soudage devra être exécuté de manière à assurer une fusion complète avec le métal de base dans les limites exigée suivants les normes. Chaque couche de métal de soudage ou des soudure multicouches devront être débarrassées de laitier et autre dépôt avant l'application de la couche suivante.
- ❖ Le soudage ne devra pas être effectué lorsque les surfaces des éléments à souder sont humide par suite des pluies, de neige ou de glace ainsi que durant les périodes de grand vent a moins que le soudeur et son poste de travail ne soit convenablement protégés.
- ❖ Le soudage ne devra pas être effectué lorsque la température du métal de base est inférieure à  $-18^{\circ}\text{C}$ . Par contre, lorsque la température est comprise entre  $-18^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C}$  inclus, ou lorsque l'épaisseur est supérieure à  $1\frac{1}{4}$ " , le métal de base sur une distance de 76 mm au point ou doit commencer le soudage, devra être chauffé à une température chaude au toucher.
- ❖ Les bords de toutes les soudures devront rejoindre la surface de la tôle sans angle aigu. Il sera admis un caniveau maximal de  $1/64$ " dans le métal pour les joints verticaux. Un caniveau de  $1/32$ " de profondeur maximum est autorisé pour les joint soudés bout à bout.
- ❖ L'épaisseur du renfort des soudures de tous les joints bout à bout, de chaque côté de la tôle doit respecter des tolérances admises par le code. Le renfort n'pas lieu d'être éliminé sauf dans la mesure ou son épaisseur dépasse la valeur admissible ou indication contraire.
- ❖ Les tôles de tous les joints à recouvrement devront être maintenues en contact étroit durant l'opération de stockage.
- ❖ Les soudures de pointage utilisé dans l'assemblage des joints verticaux des robes de réservoirs devront être enlevées et ne devront pas subsister dans le joint définitif lorsque les joints sont soudés à la main.
- Lorsque ces joints sont procédés par l'arc sous flux, les soudures de pointage devront être soigneusement de tout laitier de soudage mais n'ont pas lieu d'être enlevées, à condition qu'elles soient saines et entièrement fondues dans le métal de soudure déposé ultérieurement.

### VI.2.6 Gamme de fabrication de la tôlerie

Les bords des tôles peuvent être cisailés, usinés par oxycoupage mécanique conformément au code API 650 (paragraphe 4.1.2). Le cisailage devra être limité aux tôles dont l'épaisseur est de :

- 3/8" (9.54 mm) pour les joints soudés bout à bout.
- 5/8" (16mm) pour les joints soudés par recouvrement.

Lorsque les bords des tôles sont coupés par oxycoupage, la surface obtenue devra être uniforme, lisse et débarrassée des scories, calamines et laitier avant soudage. Une fois les bords cisailés ou coupés, passés à la brosse métallique, la fine pellicule de rouille adhérent aux bords n'pas lieu d'être éliminée avant soudage.

Tous les éléments préfabriqués avant leur expédition vers le site, devront être identifiés et marqués.

L'identification sera établie par recevoir et par peinture sur chacun des éléments.

#### VI.2.6.1 Gamme de fabrication du fond

##### VI.2.6.1.1 Présentation des tôles du fond

La figure ci-dessus montre la vue en plan du fond de réservoir et le marquage de tôles

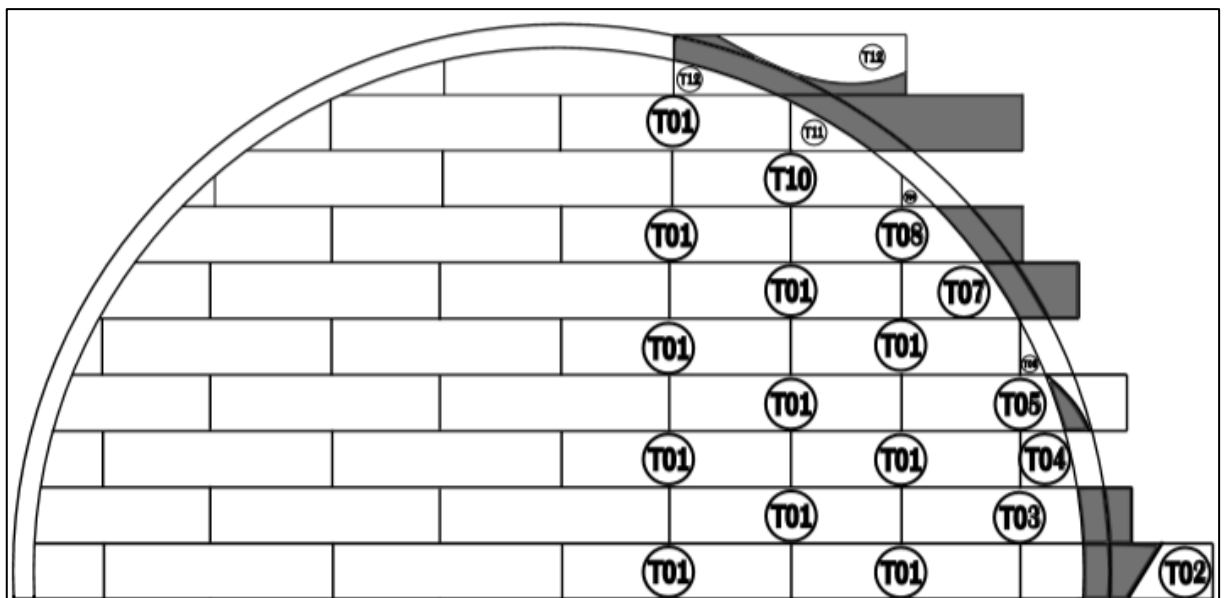
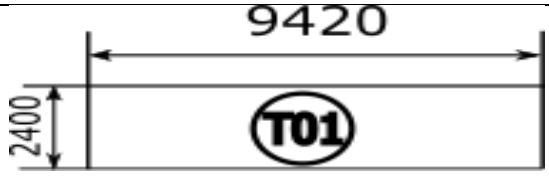
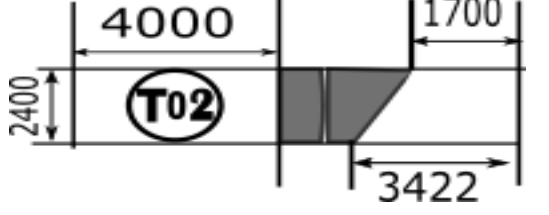
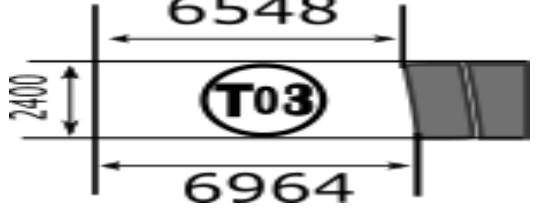
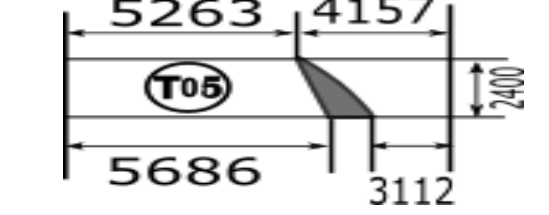
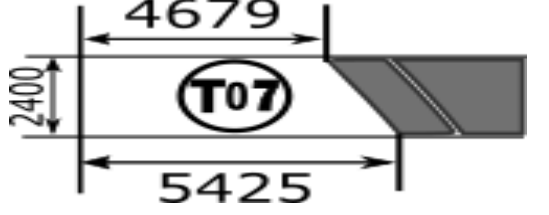
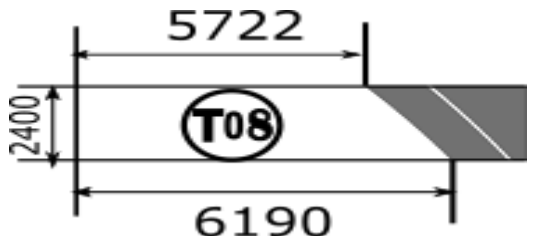
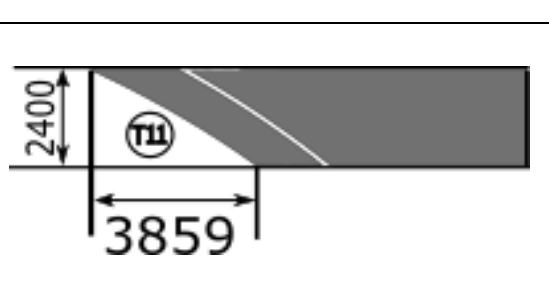
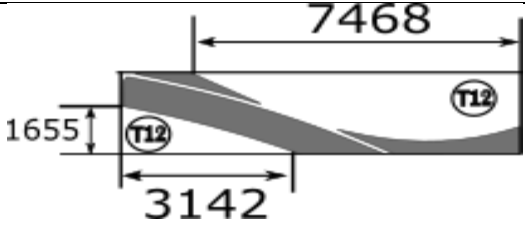
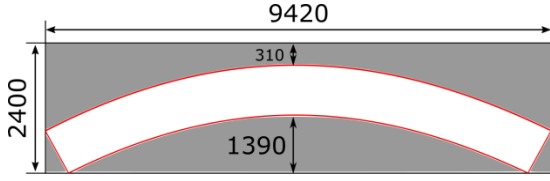


Figure VI.2 Vue en plan des tôles du fond préfabriqué

VI.2.6.1.2 Gamme de fabrication des différentes tôles du fond

Repère	Dimension des tôles(e= 6 mm)	Croquis
T01	9.42×2.4	
T02	9.42×2.4	
T03	9.42×2.4	
T05	9.42×2.4	
T07	9.42×2.4	
T08	9.42×2.4	
T11	9.42×2.4	

T12	9.42×2.4	
Tôle marginal	9.42×2.4	

➤ **Les tôles marginales :**

Les tôles marginales du fond seront découpées sur deux bancs selon les dimensions fournis sur les plans, une fois prêtes, elles seront acheminées vers la zone d'assemblage pour nettoyage à la meule des zones traitées et éventuellement pour dressage.

#### VI.2.6.2 Façonnage des tôles de robe

- ❖ Toute tôle destinée aux viroles des robes des réservoirs, devra être mise à la forme prévue par l'engineering en conformité aux plans et aux plans et aux règles d'exécution par tout procédé et moyen qui n'entraîneraient en aucun cas d'altération des propriétés physiques des matériaux de base.
- ❖ Préalablement à toute opération de roulage, les bords verticaux des tôles devront être préformés aux rayonne cintrage suivant les plans d'exécution par amorçage ou par craquage sur la rouleuse de type croquer le formage étant obtenu par l'action de l'un des rouleaux, ceci afin d'assurer une bonne rotondité de l'élément. Ainsi, il sera assuré de réduire considérablement les déformations éventuelles lors de l'exécution du soudage en phase montage.
- ❖ Le craquage consiste à former les extrémités de la tôle au rayon de rayon de cintrage désiré.
- ❖  $R0$  rayon de cintrage de la fibre moyenne égale 27.5m
- ❖ Avant le découpage des tôles brutes, il faut qu'il ait une vérification dimensionnelle des tôles.
- ❖ Après le découpage, la tôle sera chanfreinée selon les dimensions donnée sur les plans.
- ❖ La préparation des chanfreins des tôles devra se faire sur la base des données listées sur les plans d'exécution, conformément aux spécifications de soudage prévues.
- ❖ Le contrôle dimensionnel se fait au fur et à mesure du chan-freinage.



- ❖ Le nettoyage des zones traitées : à savoir meulage des bords, des scories etc..., s'effectuera en atelier d'assemblage.
- ❖ Après cela la tôle sera mise, sur rouleau cintreur, au rayon demandé.
- ❖ La tôle une fois prête sera posée sur berceaux, ayant le même rayon de cintrage dont la charge utile ne dépasse pas 20T.

**VI.2.6.2.1 Gamme de fabrication de la robe : Présentation des tôles de la robe**

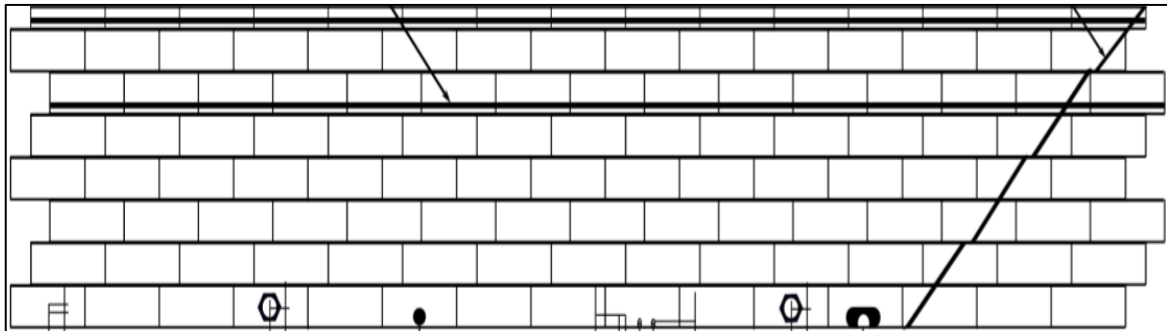
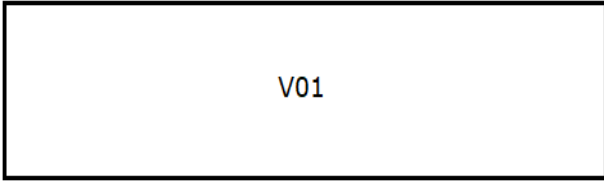
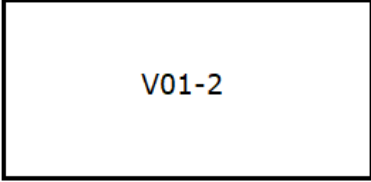
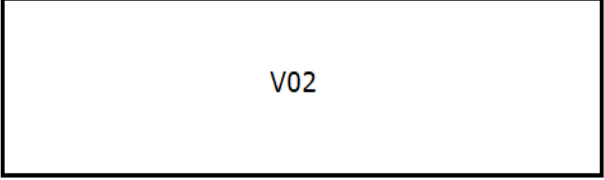
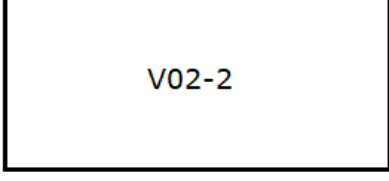

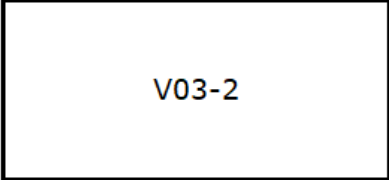

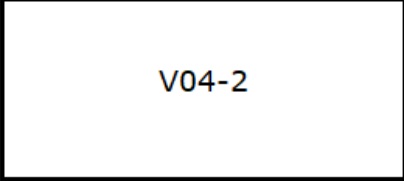

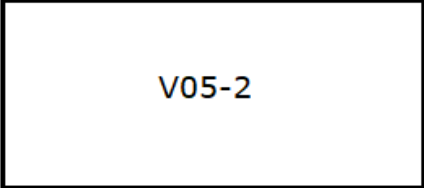

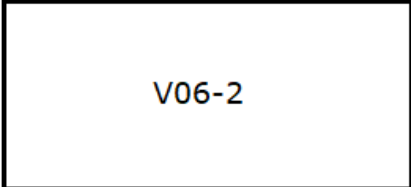
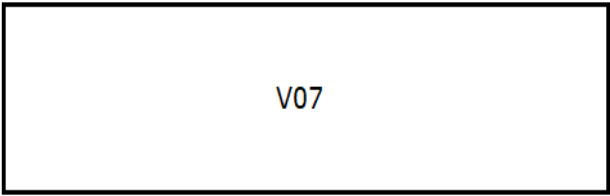
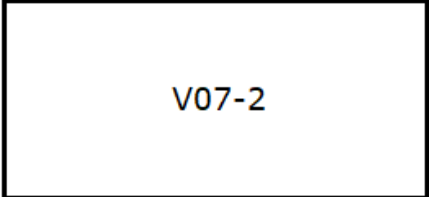
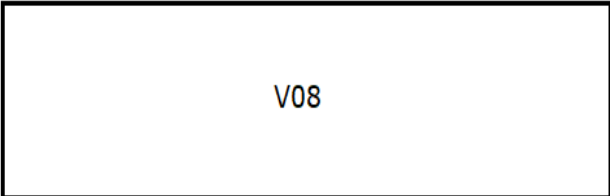
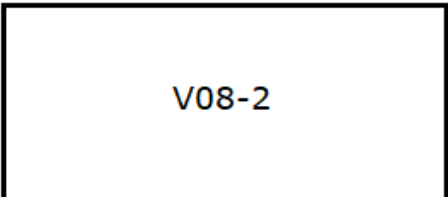


Figure VI.3 1/2 Vue développée de la robe

**VI.2.6.2.2 Les tôles de la robe**

N° de viroles	Repère	Dimension	N <sup>bre</sup>	Croquis
V1	V01	9420×2400×22	15	
	V01-2	5000×2400×22	1	
V2	V02	9420×2400×19	15	
	V02-2	5000×240×19	1	

<b>V3</b>	V03	9420×2400×17	15	
	V03-3	5000×2400×17	1	
<b>V4</b>	V04	9420×2400×14	15	
	V04-2	5000×2400×14	1	
<b>V5</b>	V05	9420×2400×10	15	
	V05-2	5000×2400×10	1	
<b>V6</b>	V06	9420×2400×10	15	
	V06-2	5000×2400×10	1	

V7	V07	9420×2400×8	15	
	V07-2	5000×2400×8	1	
V8	V08	9420×1200×8	15	
	V08-2	5000×1200×8	1	

### VI.2.6.3 Façonnage des tôles du toit

- ❖ L'ensemble des tôles formant les différents caissons du toit flottant devront être découpées et façonnées au niveau des ateliers aux dimensions et aux rayons en conformité aux plans d'exécution.
- ❖ L'ensemble des tôles du toit du réservoir en dôme devront être découpées, façonnées et cintrées au niveau des ateliers aux dimensions et aux rayons en conformité aux plans d'exécution.

VI.2.6.3.1 Gamme de fabrication du toit

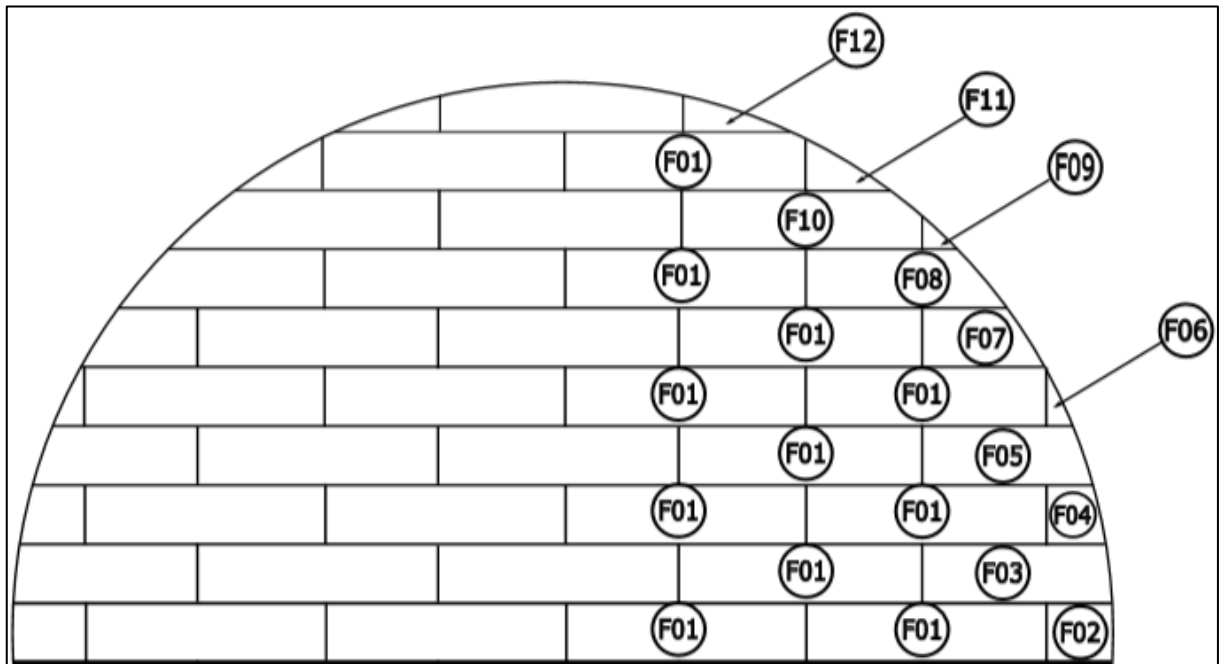


Figure VI.4 Présentation des tôles du toit

VI.2.6.3.2 Les tôles de la toiture

Repère	Dimension	Croquis
F01	9420×2400	
F02	9420×2400	
F03	9420×2400	

F04	9420×2400	
F05	9420×2400	
F06 F07	9420×2400	
F08 F09	9420×2400	
F11 F12	9420×2400	
F11 F12	9420×2400	

### VI.3 Montage

#### VI.3.1 Introduction

Le montage des constructions métalliques doit être bien étudié en utilisant des techniques et des méthodes afin d'assurer la rapidité d'exécution, et la sécurité des ouvriers.

Toutes les opérations, concernant la construction et le montage du bac seront exécutées conformément à la spécification du code **API 650**.

En plus, le réalisateur est tenu de respecter également, les plans d'engineering du bac, les plans d'exécution, plans de fondations et tolérances dimensionnelles fournies par le bureau d'étude.

### **VI.3.2 Explication de méthode de montage "tôle par tôle"**

Au niveau de l'entreprise "GTP" (lieu de notre stage), une méthode traditionnelle effectuée en fonction des moyens humains et matériels utilisés.

Elle s'appelle méthode : "tôle par tôle".

La nomenclature de cette méthode peut donner au lecture une idée approximative s'applique suivant des étapes, l'une après l'autre.

### **VI.3.3 Préparation des tôles**

Pour faciliter le montage, il est nécessaire de procéder aux opérations suivantes :

- Effectuer le cintrage et le chan-freinages des tôles.
- Repérage des tôles suivant leur ordre de montage.
- Repartage et traçage des tôles pour la fixation des accessoire et montage.
- Préparation de tous les accessoires de montage tel que (des d'accostage [carré], Chicago, oreille de levage, ...).
- Préparation l'échafaudage.

### **VI.3.4 Montage du fond plat**

Le montage du fond plat commence après la préparation de sol et de la fondation. Puis, il est nécessaire d'approcher les tôles autour de la fondation pour faciliter le travail (on utilise comme moyen de manutention, une grue avec des élingues et palonnier).

La mise en place des tôles de fond s'effectuera en allant du centre vers le périphérique en respectant le recouvrement demandé.

- Le soudage préliminaire se fait par point, une soudure de 15cm tous les 50cm.
- Le soudage continu du fond s'effectue après le montage de la première virole.
- Les tôles seront soudées sur la partie plate seulement et avec recouvrement minimum de cinq fois l'épaisseur de la tôle. Cette opération se fait afin qu'il ne reste aucun espace entre le fond et la robe à poser.

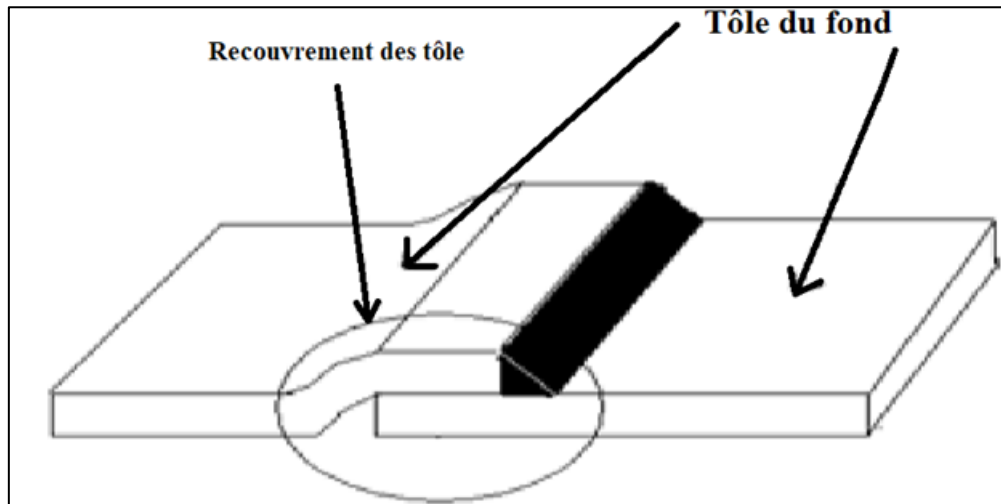


Figure VI.5 Recouvrement des tôles du fond

### VI.3.5 Soudage du fond plat

L'ordre de soudage du fond doit être bien respecté, cet ordre est le suivant :

- Souder les tôles marginales entre elles,
- Souder les tôles de bordure entre elle sur une longueur de 10cm.
- Souder les tôles de bordure avec les tôles marginales sur une longueur de 50mm toutes les 200mm
- Souder les joints formés par les tôles entre elles.
- Souder les joints longitudinaux dès que les joints des tôles placée de chaque côté soient soudée.
- Régler les tôles de la première virole sur les tôles de fond, le pointage étant fait du côté extérieur.
- Souder le cordon d'angle du côté inférieur, le cordon extérieur pourra être exécuté immédiatement ou ultérieurement selon la possibilité.
- Terminer le soudage des tôles marginales aux fur et à mesure de l'avancement du soudage du cadre retrait.

Lorsqu'on termine complètement le soudage du fond et de la première virole sur le fond, on passe à l'essai du fond.

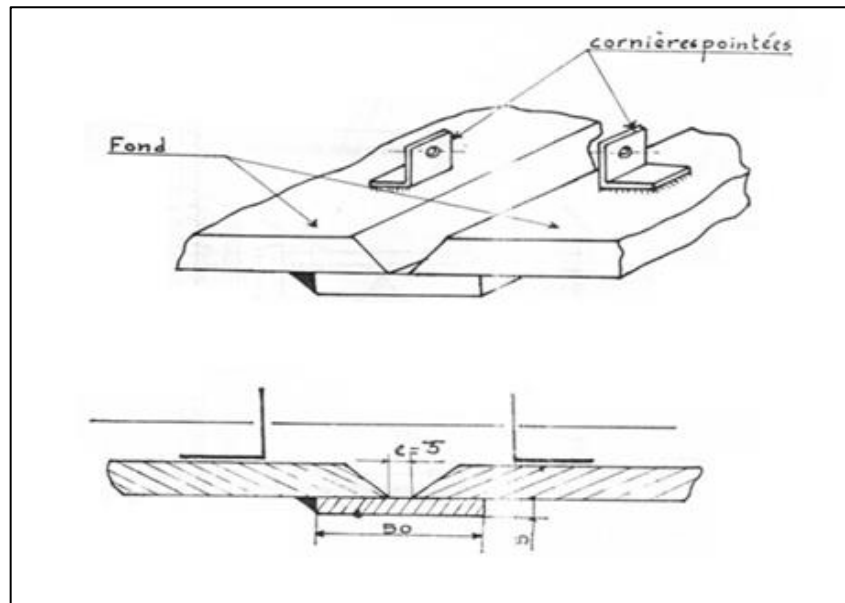


Figure VI.6 Assemblage bout à bout (tôle marginale)

### VI.3.6 Montage de la robe

#### a) Montage de la première virole :

Avant d'entamer le montage de la première virole, certaines préparations sont nécessaires :

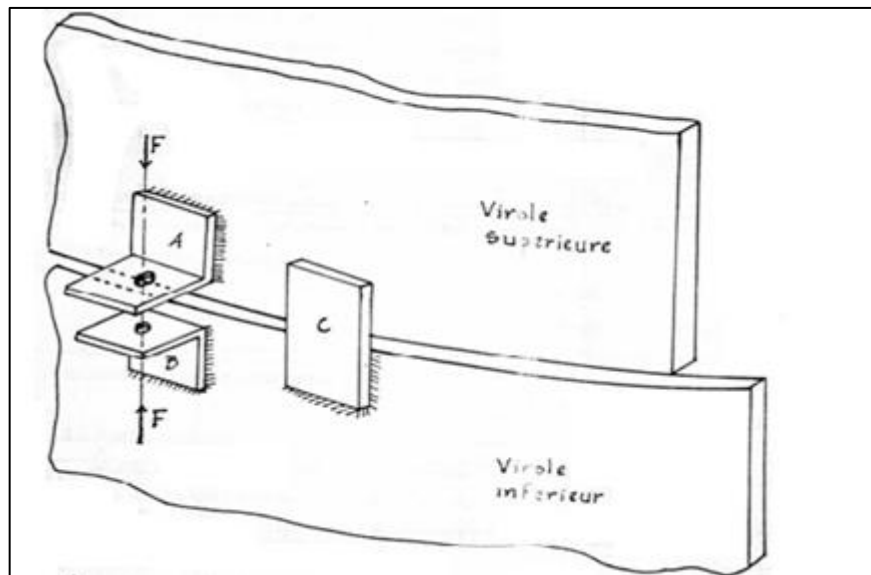
- A l'aide d'un ruban métallique gradué, on trace par la craie le cercle par lequel passera la robe, puis, on le pointe par un pointeau.
- Exécution d'une soudure de 10cm de longueur sur toute la périphérie où la virole passe.
- On soude le dés d'accostage sur le fond, sur la partie extérieure par rapport à la position de la robe pour faciliter le démontage ultérieurement.
- Parallèlement à ces travaux, on procède à la préparation des tôles en soudant les accessoires de levage et de réglage comme indiqué sur la figure suivante :

Le montage proprement dit comprend les opérations suivantes :

- A l'aide d'une grue, la tôle est soulevée en utilisant les élingues qui sont crochées dans les oreilles de levage.
- On soude les dés d'accostage intérieurs au fur et à mesure du montage des tôles, ces carrés sont soudés tous les 50cm, mais d'un seul côté pour faciliter le démontage ultérieurement.



- La tôle sera donc maintenue dans la position verticale.
- Lorsqu'on termine le soudage des carrés intérieurs, on libère la grue et on passe au montage de la deuxième tôle.
- Une fois la deuxième tôle posée, on fixe d'abord les deux tôles verticalement par l'intermédiaire du dispositif de réglage (carrée et chicago). Chaque joint verticale doit avoir trois chicagos (dispositif de réglage).



*Figure VI.7 Montage de deux viroles*

La pose de dispositif de réglage (chicago) s'effectue comme suit :

- Un monteur enlève la broche conique libérant ainsi le chicago.
- Puis il pose le chicago sur les deux tôles à assembler d'une manière que les deux carrés soient disposés entre les barres de chicago.
- Il place les deux broches dans l'orifice de carré ; ainsi les deux tôles sont maintenues verticales.

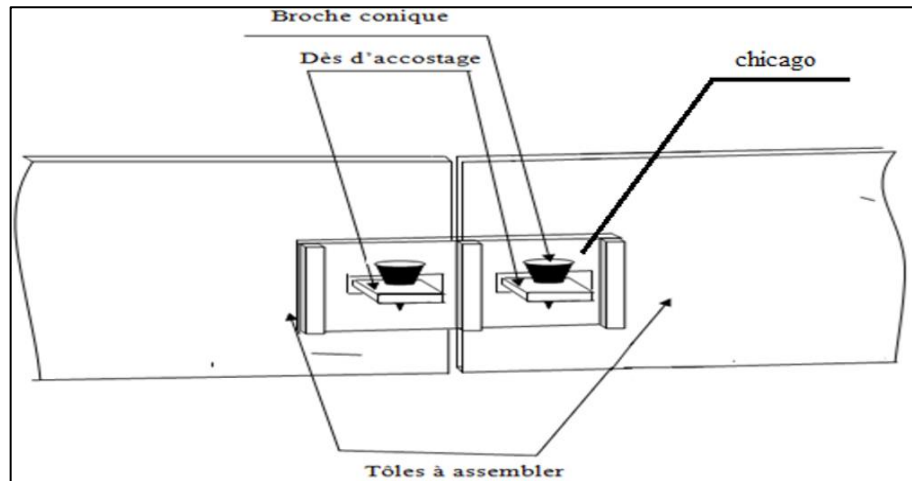


Figure VI.8 Fixation des tôles par des chicagos

### b) Réglage des joints :

Ce n'est qu'en terminant l'assemblage de la première virole qu'on commence le réglage proprement dit.

On commencera par le réglage des joints verticaux :

- Si le jeu est très grand et qu'il faut le diminuer, on introduit la broche conique entre le carré (dés d'accostage) et la barre du dispositif de réglage et on lui donne des légers coups de marteau, ainsi la tôle à assembler se déplace vers la tôle assemblée.

- Si le jeu n'est pas suffisamment grand et qu'il faudrait l'augmenter, on agit sur la broche placée entre le carré (Dés d'accostage) et la barre de dispositif de réglage, ainsi la tôle à assembler s'écarte de la tôle assemblée.

- Une fois le réglage des joints verticaux terminé, on commence le réglage de la première virole sur le fond. Pour effectuer ce réglage, on interpose des broches entre la tôle et les carrées qui sont soudés sur le fond comme indiqué sur la figure suivante :

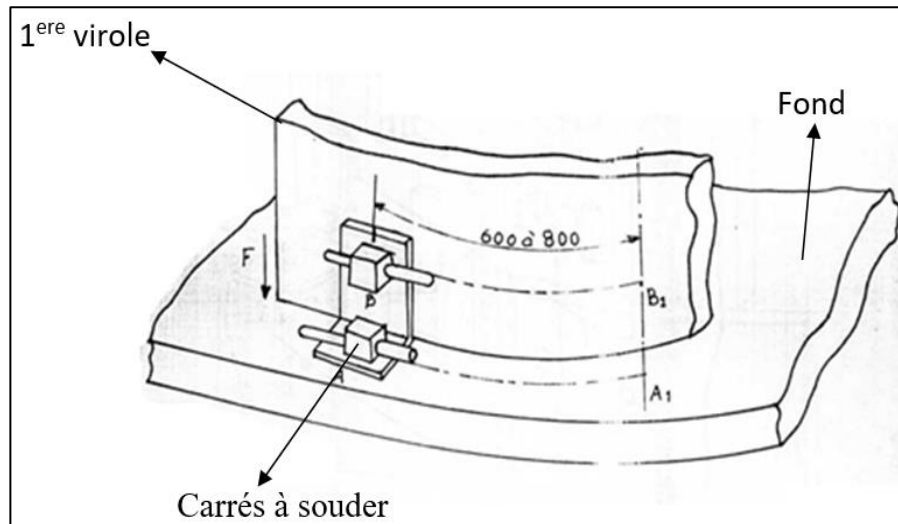


Figure VI.9 Disposition des carrés

### VI.3.6.1 Protection de la robe pendant le montage

Le montage utilisera la méthode adéquate pour la protection de la robe durant le montage. Les facteurs à prendre en considération pour déterminer la fiabilité de la méthode proposée sont :

- Dimension du réservoir.
- Méthode de montage.
- Site et degré d'expression aux vents.
- Nombre et type de pièce d'assemblage.

### VI.3.6.2 Pointage et soudage de la 1ère virole

Le pointage des tôles de la 1ère virole ne sera exécutée que sur les joints verticaux. Il ne sera admis aucun pointage de la tôle de première virole avec le fond du bac ; et ensuite arrive le pontage des tôles de la première virole avec le fond.

Tous les pointages sont effectués, par le procédé de soudage à l'arc submerge avec un fil de EM12K selon AWS A5.23 d'un diamètre de 3,2mm, sauf pour le soudage de la première virole avec le fond, elle s'effectuera à l'électrode basique enrobée d'un diamètre de 3,25mm ; La longueur du pointage sera de 40 à 50 mm et l'entraxe entre deux pointages sera de 500mm.

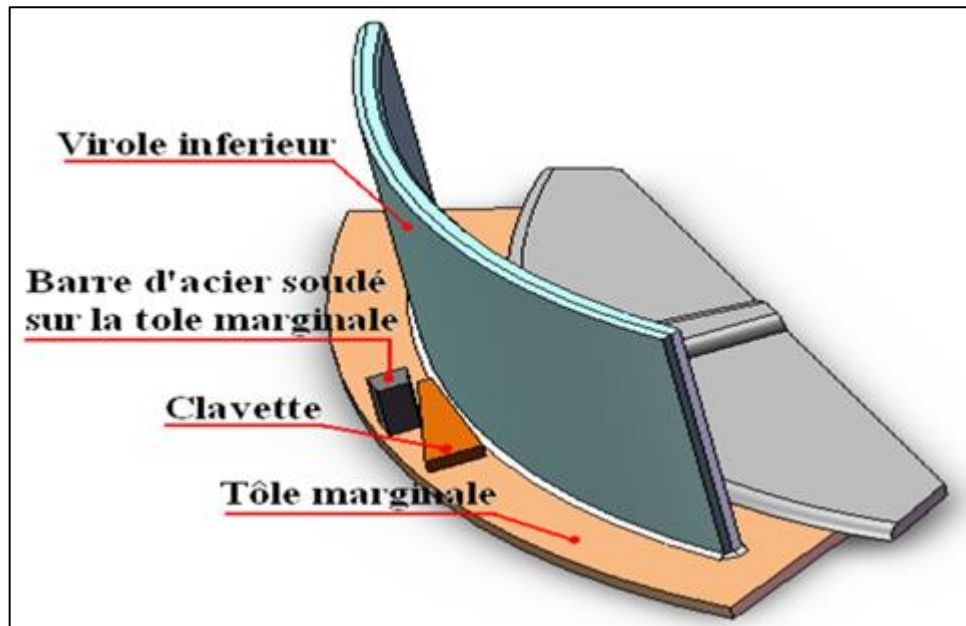


Figure VI.10 Pointage et soudage de la 1 ère virole avec le fond

➤ **La 2eme virole :**

- **Mise en place de la 2 ème. Virole :** Utilisant un clamp soudé sur la virole inférieure et des chutes de cornière et un axe de tige filetée pour le bon soudage des viroles et une bonne exécution est assurée.

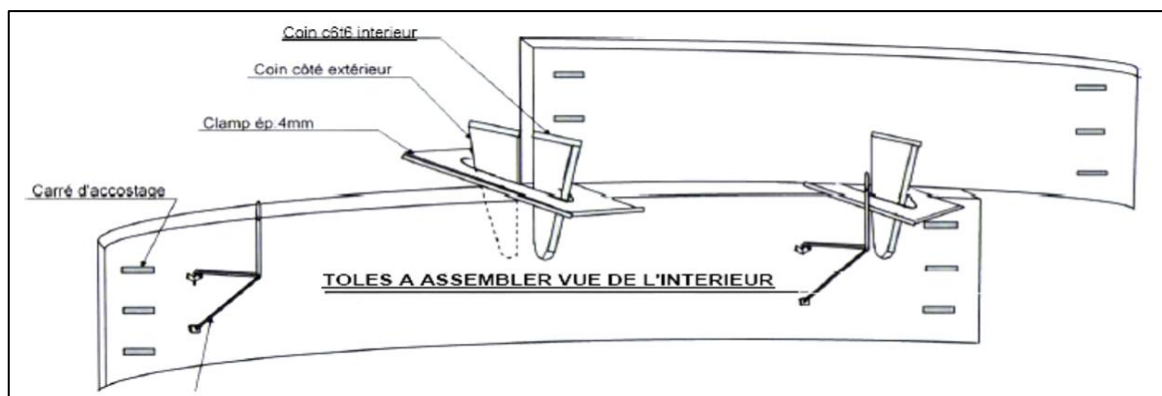


Figure VI.11 Maintien provisoire des viroles de la robe

### VI.3.6.3 Pointage et soudage de la 2 ème. Virole

- Le pointage sur le joint horizontal, entre la première virole et la 2 deuxième virole ne doit être effectué qu'après le soudage définitif des soudures verticales de la deuxième virole ;
- Tous les pointages sont faits sur la faces externe du réservoir ;

- Le soudage des joints verticaux de la deuxième virole doit être effectué par la procédé à l'arc manuel ;
- Le sens du soudage sera en montant pour les premières passes et en descendant pour les autres ;
- Le soudage est effectué de la même manière que la première virole.

#### VI.3.6.4 Pointage et soudage du joint horizontal entre la première et la deuxième virole

- Le pointage ne sera exécuté qu'à la fin du soudage de tous les joints verticaux de la 2ème virole
- Le pointage doit toujours être effectué sur la face extérieur ;
- Le soudage est effectué par le procédé de soudage automatique à l'arc submerge ;
- Le soudage doit être effectué par deux chromatiques, l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur du bac ;
- Après cela, on effectue le meulage sur la face interne et le reprendre.



*Figure VI.12 Soudage des cordons horizontaux entre deux viroles*

#### VI.3.6.5 Exécution des autres viroles

- Le pointage est identique aux viroles inférieures sauf qu'il doit se faire à l'intérieur ;
- Les soudures verticales sont identiques aux viroles inférieures. Par contre pour les soudures circulaires entre les viroles, la première passe se fait d'abord à l'intérieur avec le soudage automatique et après à l'extérieur, suivant le même procédé.

### VI.3.7 Montage de toit flottant



*Figure VI.13 Toiture*

Le montage du toit se fait après le montage et le soudage de la dernière virole et le contrôle complet de la robe.

#### VI.3.7.1 Préparations avant le montage

- Préparation des échafaudages à l'intérieur de réservoir.
- Soudage d'un mat provisoire au milieu de réservoir pour faciliter la mis en place de la charpente du toit.

Le montage se compose des phases suivantes :

- Montage et soudage de la cornière de la rive.
- Montage et contrôle de la charpente du toit.
- Montage et pointage des tôles du toit.
- Soudage des tôles du toit.
- Contrôle final du toit.
- Démontage du mat provisoire. •

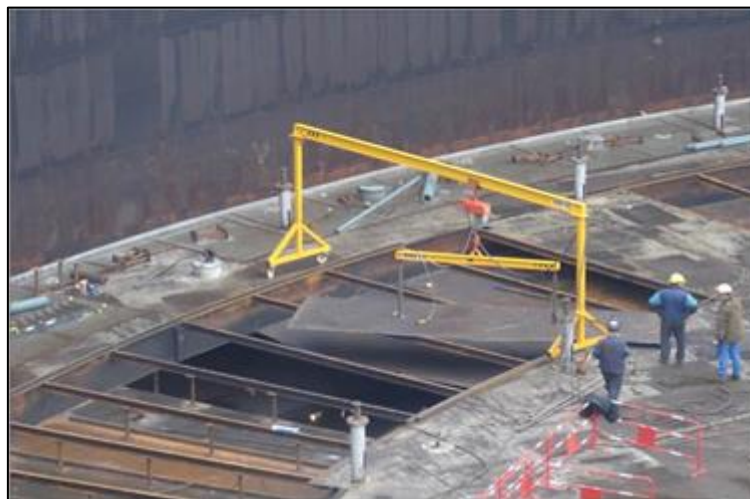


- **Exécution** : la bonne exécution de montage et soudage du toit est le montage correct de la fausse charpente qui est constitué de cornières et qui doit supporter le poids du toit et la charge d'exploitation.

A cet effet les supports d'échafaudages seront pointés au fond du bac, et leur nombre ainsi que le mode de raidissage entre eux-mêmes sera déterminé lors du montage.

**a) Pont inférieur**

- Les toitures inférieures seront assemblées par recouvrement maintenues en position par la cornière d'attaches identiques à celles utilisées pour le fond.
- Le Pointage des tôles du toit, commence à partir du milieu vers l'extrémité du bac.
- Le procédé retenu est l'arc manuel avec l'électrode de E7018 (basique) il faut d'abord commencer par le pointage des soudures transversales.
- La longueur du pointage et d'environ 50 mm, avec un espacement d'environ 300 mm.
- Il faut nettoyer les abords sur l'un largeur de 30 mm au minimum des deux côtés du joint.
- Le pointage et soudage des joints longitudinaux doivent être effectués après les soudures transversales, le soudage complet doit s'effectuer du centre vers la périphérie.



*Figure VI.14 Montage du toit flottant*

➤ **Couronnes cloisons radiales et raidisseurs :**

Les couronnes seront montées sur le tablier inférieur suivant le traçage qui est effectué sur ce dernier. On commence le soudage des joints verticaux, ensuite les joints avec le tablier

inférieur. Ensuite en passe à la fixation des cloisons afin d'obtenir des compartiments étanches, le renforcement des tabliers est effectué via des raidisseurs horizontaux et verticaux.

**b) Pont supérieur :**

On commence le montage du tablier supérieur après l'exécution de toute la soudure sur le toit inférieur, couronnes, cloisons, chevrons et raidisseur Les tôles seront assemblées par recouvrement.

➤ **Montage les accessoires du toit :**

En plus des éléments principaux (tablier, couronne, cloisons), le toit contient aussi des béquilles de supporte, trou d'homme .....

**VI.3.7.2 Essai du toit flottant**

Les joints soudés de la tôle centrale du toit, les tôles de fond des caissons et les joints de la tôle de bordure seront éprouvés par projection d'une huile pénétrante telle que gasoil léger sur le dessous du fond et inspecté visuellement par le dessus et de l'intérieur pour la tôle de bordure.

Le toit sera soumis à un essai de flottaison pendant que le réservoir sera en remplissage et en vidange.

**VI.4 CONCLUSION**

On constate que la fabrication se définit dans le côté pratique, mais avant tout elle nécessite une étude théorique afin de faciliter la réalisation de projet et sur tout d'avoir une construction rigide sous les normes mécaniques.



# **vii. Chapitre VII**

## **VII.1 INTRODUCTION**

Le soudage consiste à joindre des pièces de même nature en fusionnant leurs bords avec ou sans métal d'apport. Le métal de base et le métal d'apport se mélangent par dilution pour former le cordon de soudure. Soit homogène de même caractéristiques que le métal de base, ou hétérogène dans le cas des métaux différents. C'est une technique d'assemblage permanente.

### **VII.1.1 Domaine d'utilisation de la soudure**

Le soudage est impliqué quasiment dans tous les domaines industriels en générale en raison de son efficacité et durabilité.

### **VII.1.2 Les différents procédés de soudage**

Il ya plusieurs procédés de soudage, les plus courants sont :

- Soudage à l'arc avec fil fourré FCAW
- Soudage Automatique ou semi-auto GMAW ou MIG MAG selon le gaz Utilisé
- Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode en tungstène GTAW Ou aussi appelé TIG
- Soudage à l'arc avec l'électrode enrobée SMAW
- Soudage à l'arc submergé SAW
- Soudage plasma PAW

### **VII.1.3 Le choix de procédé de soudage (WPS - Welding Procedure Specification)**

Il est important de choisir un procédé donnant les meilleurs résultats et évitant des défauts aussi fréquents que les soudures traversées (en particulier pour le soudage de profilés fins).

On décrit ci-dessous les divers procédés recommandés pour le soudage des aciers.

Le choix d'un procédé, en vue de l'exécution d'un joint soudé, nécessite la connaissance des principaux procédés et de leur application générale. Celui-ci doit répondre aux exigences d'ordre mécanique, métallurgique, économique, etc.

Analyser les différents types de procédé les plus courants afin de déterminer le plus Adéquat.

### VII.1.3.1 Le procédé le plus convenable

L'objectif principal : choisir un procédé qui peut garantir un joint de soudure qui remplira parfaitement la tâche pour laquelle il serait réalisé ; et ça consiste en :

- Une bonne étanchéité
- Un joint aussi fort que le métal de base au plus.
- Minimum de défauts
- Bon aspect visuel
- Bonne durabilité
- Bonne résistance à la corrosion et la dilatation
- Tout en respectant la condition suivante :

*Nombre d'avantage > nombre d'inconvénient*

### VII.1.4 Joints des soudures

#### VII.1.4.1 Définitions

Les définitions suivantes sont applicables au calcul des joints :

##### VII.1.4.1.1 Joints bout à bout à double soudure

C'est un joint entre deux pièces bout à bout, placées approximativement dans le même plan et soudées des deux côtés.

##### VII.1.4.1.2 Joints à recouvrement à double soudure

C'est l'assemblage de deux pièces recouvrant, dans lequel les bords de recouvrement des deux pièces sont soudés avec soudure d'angle.

##### VII.1.4.1.3 Joint à recouvrement à simple soudure

C'est l'assemblage de deux pièces recouvrant dans lequel le bord de recouvrement d'une pièce est soudé avec une soudure d'angle.

##### VII.1.4.1.4 Soudure bout à bout

C'est une soudure placée dans une gorge entre deux pièces bout à bout. Les gorges peuvent être à bord droites, en V ou en X, en U (simple ou double) et peuvent être à simple ou à double chanfrein.

**VII.1.4.1.5 Soudure d'angle**

C'est une soudure de section approximativement triangulaire assemblant deux surfaces pratiquement perpendiculaire, comme dans un assemblage à recouvrement, assemblage en T.

**VII.1.4.1.6 Soudure d'angle normale**

C'est une soudure d'angle dont la taille est égale à l'épaisseur de la pièce assemblée la plus mince.

**Remarque:**

*Les deux méthodes les plus utilisés dans le domaine de chaudronnés*

*et tuyauterai (SAW et SMWA)*

**VII.1.5 Soudage SMAW: (Shielded Metal Arc Welding)****VII.1.5.1 Définition du procédé**

Le Soudage manuel à l'arc à l'électrode enrobée (SAMW) est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'âme métallique de l'électrode et la tôle à souder.

L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la tôle à assembler et l'âme métallique de l'électrode pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure recouvert d'un laitier protecteur.

Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensité variant de 30 à 400 ampères en fonction de différents paramètres comme :

- Le diamètre de l'électrode.
- La nature de l'enrobage.
- La position de soudage.
- Le type d'assemblage.
- La dimension et la nuance des pièces à assembler.

La tension à vide du générateur ( $U^{\circ}$ ) doit être supérieure à la tension d'amorçage (surtout en courant alternatif). Sa valeur doit être comprise entre 40 et 80 volts.

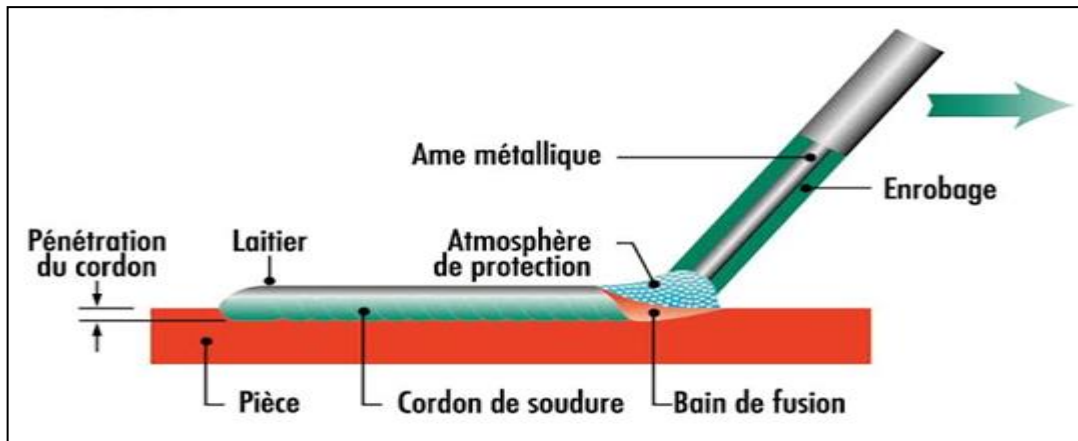


Figure VII. 2 soudage manuel à l'arc électrique avec électrode enrobée

### VII.1.5.2 Principe du procédé

L'électrode enrobée est placée et serrée sur la pince pore-électrode relié sur l'un des bornes électriques de sortie du poste de soudage. La masse est reliée Au générateur et est placée sur la pièce à souder. L'amorçage de l'arc est réalisé En frottant l'extrémité généralement graphitée de l'électrode sur la pièce et en écartant de quelques millimètres le bout de l'électrode lorsque l'arc jaillit. Ensuite il faut entretenir cet arc électrique afin d'éviter la rupture d'arc en veillant à maintenir une distance constante la plus faible possible entre le bout de l'électrode et la pièce À souder.

### VII.1.6 Composants de l'électrode

#### VII.1.6.1 Définition

Le métal d'apport (l'électrode enrobée), ou baguette de soudage, c'est le métal d'apport qui en fusion pendant le soudage crée la liaison entre les bords du métal de base, qui serait en suite le cordon après la solidification, elle est constituée d'une âme métallique et d'un enrobage.

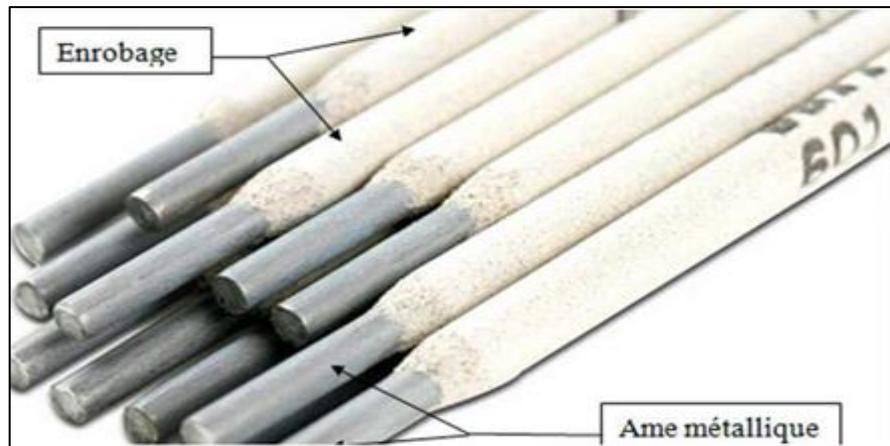


Figure VII. 3 Image d'électrode enrobée

### VII.1.7 Composition de l'électrode

#### ✚ Âme métallique :

C'est la partie métallique de l'électrode. C'est le métal d'apport déposé pour assembler les pièces. Elle compose le centre de l'électrode.

➤ **Composition** : Aciers, alliages d'aluminium ou de cuivre, nickel, chrome.

#### ❖ Le rôle de l'âme :

- Conduit le courant.
- dépose le métal.
- crée l'arc électrique.

#### ✚ Enrobage

C'est un mélange complexe dont les composants sont choisis en fonction du métal à souder. Il forme le laitier qui remonte à la surface. Sa viscosité permet de varier les positions. Pour éviter l'absorption d'humidité, on peut chauffer les électrodes au four (étuvage) avant de les utiliser. Certains enrobages sont résistants à l'absorption d'humidité mais leur efficacité ne dure que quelques heures.

- La pénétration selon le type de l'électrode :

Tableau VII. 1 Niveau de pénétration selon le type d'électrode

Code	E ---10	E ---1	E ---2	E---3	E ---4	E ---5	E ---6	E ---8
Arc	Pénétrant	Pénétrant	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Moyen
Pénétration	Profonde	Profonde	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Moyen

### 1) Non alliée électrodes enrobées pour les aciers (norme américaine)

Exemple : **E 60 1 0**

- **E** : la lettre (E) indique que c'est une électrode
- **60** : résistance à la traction x 1 000 PSI
- **1** : toutes positions
- **0** : type de courant CC (CD) : courant continu (direct). DCEP ou DCRP: continu électrode au plus.

**2) AWS A5.5 alliée**

Exemple : E80 1 8 -B2

**E Electrode**

- **80** : résistance à la traction minimale x 1 000 PSI
- **1** : Position (toute position)
- **8** : type de courant, poudre de fer...

**B2**: composition chimique.

**VII.1.1 Les électrodes selon les normes américaines : American welding society (AWS)**

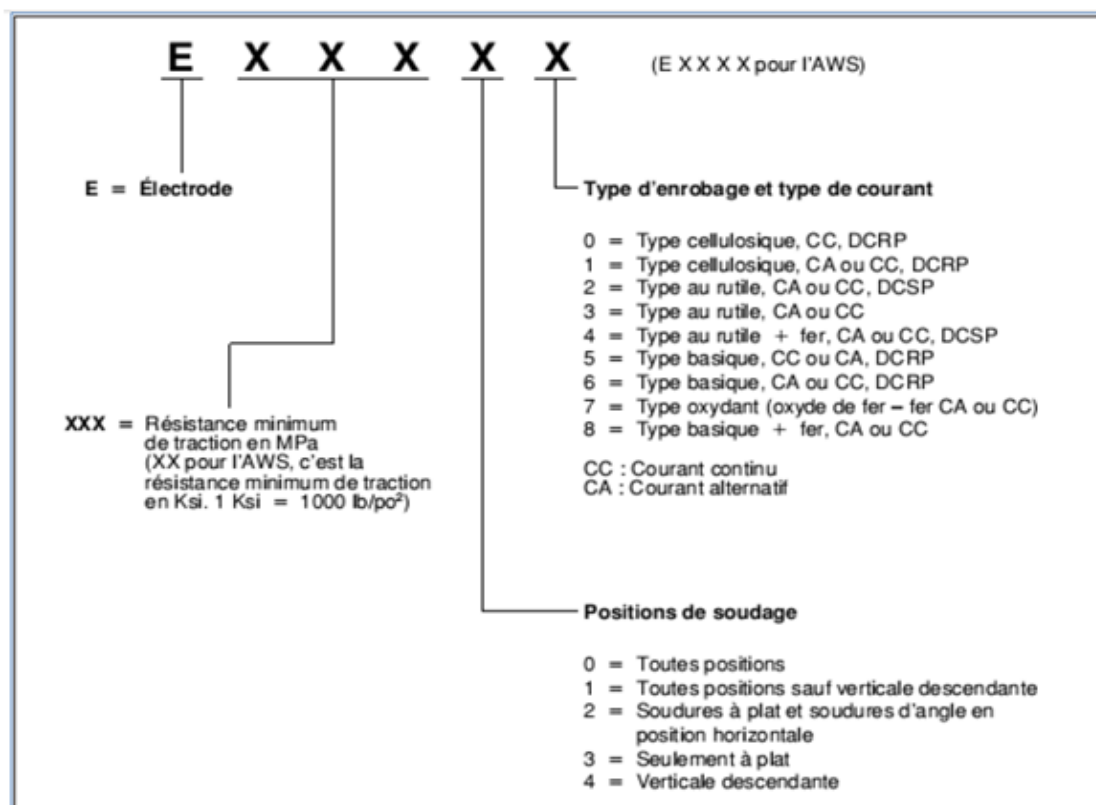


Figure VII. 4 Caractéristiques des électrodes selon la symbolisation AWS

## VII.1.2 Soudage SAW: (Submerged Arc Welding)

### VII.1.2.1 Définition du procédé

Le soudage semi-automatique à l'arc sous flux en poudre (SAW ou SAFP), appelée également soudage à l'arc submergé, est une méthode de soudage semi-automatisé à haut rendement, il est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre le fil électrode d'apport de métal (de  $\varnothing$  1,2 à  $\varnothing$ 6mm) dévidé à une vitesse constante et la pièce à une vitesse continuel et pièce à souder. Un dépôt continu de flux en poudre (parfaitement étuvé et de granulométrie homogène) recouvre l'extrémité du fil électrode et la pièce à souder. L'arc de soudage et le bain de fusion sont non visibles pendant le soudage. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler, l'électrode et une partie du flux en poudre pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure recouvert d'un laitier solidifié protecteur.

Le soudage SAW peut être effectué simultanément par une ou plusieurs têtes de soudage. Chaque tête dispose d'un fil- électrode simple ou double.

On utilise pour le soudage des joints horizontaux de la robe la méthode semi-automatique à l'arc sous flux en poudre (SAW), ce procédé, aujourd'hui à une utilisation plus répandue que celui à l'électrode enrobée (SMAW), offre une meilleure productivité car il permet un soudage semi-automatique ou robotisé.



*Figure VII. 5 Soudage SAW*

### VII.1.3 Choix des électrodes de soudage

Les électrodes de soudage à l'arc manuel satisferont à la série de classification (E60) et (E70), convenant aux caractéristiques de courant électrique, à la position de soudage et aux autres conditions d'utilisation prévues dans les règlements de l'AWS, spécification pour



électrode de soudage à l'arc enrobée en acier doux : ( Specification for Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes).

Electrode enrobée AWS E7018 et E7018-1 de type OK 48.00 (basiques).

Tout les cordons de soudures sont effectués à l'arc électrique manuel pour ces réservoirs on utilise une électrode de  $\phi = 3,25$  mm, et  $\phi = 5$  mm.

❖ **Caractéristiques :**

Tableau VVII. 2 tableau des caractéristiques d'électrode

Désignation	Type D'enrobage	$\phi$ (mm)	Classification	Composition chimique et mécanique			
				E7018		E7018-1	
Ok48-00	Basique	3,25	E7018	C : 0.1	RM : 53-90	C : 0.1	RM : 34-39
		4	E7018-1	Si : 0.9 Mn : 0.5	RE : 41-45	P : 0.021 Si : 0.7 Mn : 0.5	RE : 47 -45

❖ **Enrobage basique :**

A base de carbonate de chaux, diminue sensiblement le risque de fissuration à chaud et à la froid, il donne de bonnes caractéristiques mécaniques et réservé pour les aciers difficilement soudables.

❖ **Etuvage des électrodes de soudage :**

Les électrodes de soudage subiront un étuvage pendant au moins deux (2) heures à des températures de 250°C à 300°C, avant leur utilisation sur le site et à des températures de 60°C à 80°C pendant le soudage.

**VII.1.4 Méthode de soudage**

Le pointage et le soudage de tous les éléments de la structure seront effectués par le procédé de soudage à l'arc manuel de type E70118 enrobage basique. Le soudage sera exécuté et qui atténue les effets néfastes du retrait transversal, qui crée des tensions internes et des déformations.

## VII.2 SOUDAGE DU RESERVOIR

### VII.2.1 Soudure du fond

#### VII.2.1.1 Tôles centrales

##### VII.2.1.1.1 Détails opération de soudage

- Le soudage sera exécuté manuellement selon les méthodes spécifiées, par des soudeurs et agréments.
- Le soudage sera exécuté de manière à assurer une fusion complète avec le métal de base, dans les limites exigées par le code ASME.
- Le soudage des éléments du réservoir ne sera pas effectué dans les conditions suivantes :
  - Lorsque les surfaces des éléments à souder sont humides par suite de pluie.
  - Lorsqu'il pleut sur ces surfaces.

Durant les périodes de grand vent sauf si :

- Le soudage des éléments du réservoir ne sera pas effectué lorsque la température du métal de base est inférieure à (-18°C).
- Lorsque la température du métal de base comprise entre (-18°C et 0°C), il sera chauffé à une température chaude au toucher, sur une distance de 3Pce (76 mm) du point où doit commencer le soudage.
- Lorsque la température du métal de base sera supérieure à (0°C), le soudage se fera normalement.
- Pour le soudage multi couches, chaque couche de métal d'apport sera débarrassée du laitier et autres dépôts avant l'application de la couche suivante.
- Les bords de tous les soudeurs rejoindront la surface de la tôle, sans angle aigu.
- Les tôles de tous les joints à recouvrement seront maintenues en contact étroit pendant l'opération de soudage.
- Les soudeurs de pointage, utilisées dans l'assemblage des joints verticaux de la robe, seront enlevées pendant l'opération de soudage. Elles ne devront pas subsister dans le joint définitif.
- Les soudeurs de pointage des tôles de fond, de toit et accessoires, n'ont pas lieu d'être enlevées si elles seront saines et si les cordons de soudure appliqués ultérieurement soient entièrement fondus dans ces soudeurs.

- Les soudeurs de pointage seront réalisés avec des électrodes de même type et nature que celles utilisées pour le soudage définitif.
- Les tôles de fond, après avoir été disposées et pointées, seront assemblées par soudage des joints suivant un ordre établi sur place par un spécialiste, afin de réduire au minimum les déformations par retrait et d'assurer ainsi une surface aussi plane que possible.
- Le soudage de la robe au fond (jonction de la robe avec le fond de réservoir) sera pratiquement terminé avant qu'il soit procédé au soudage des joints de fond laissés ouverts pour compenser le retrait de toute soudure antérieure.
- Après l'alignement, les tôles de la robe seront assemblées avec le fond par un soudeur de pointage, avant de procéder au soudage continu.
- Le défaut d'alignement des joints verticaux terminés ne dépassera pas les tolérances admises, 10% de l'épaisseur de la tôle ou bien 1/6'' (1.6 mm) de la plus grande valeur à considérer des épaisseurs.
- Les tôles de la robe assemblées par soudage bout à bout, seront appariées avec précision et maintenues en place durant l'opération de soudage.

Dans les joints de soudeur (bout à bout) horizontaux achevés de la robe, le défaut d'alignement ne dépassera pas les tolérances admises : la virole supérieure ne dépassera pas la surface de la virole inférieure de plus de 20% de l'épaisseur de la virole supérieure, avec un maximum de 1/8'' (3.2 mm).

#### VII.2.1.1.2 Vérifier s'il y a besoin d'un préchauffage

- Matériau : A283grC
- D'assemblage : par recouvrement (tôle centrale)
- Epaisseur des tôles : 8mm/8mm

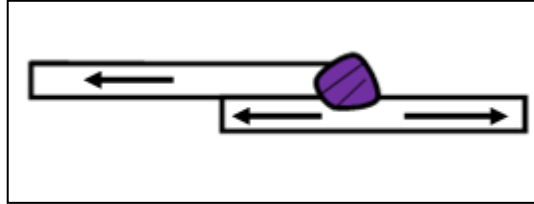
#### VII.2.1.1.2.1 Method BWRA: British Welding Research Association method

Cette méthode basée sur le « pouvoir trempant » de l'acier, est réservée au soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée. Elle consiste à calculer la température de préchauffage des pièces en tenant compte des paramètres suivants :

- Indice de sévérité thermique,
- Indice de soudabilité,
- Diamètre des électrodes
- **Indice de sévérité thermique :**

Il caractérise la géométrie et l'épaisseur de l'assemblage. L'indice T.S.N. est obtenu en divisant la somme des épaisseurs à souder (en mm) par 6 (unité d'épaisseur).

$$T S N = \frac{\text{La somme de épaisseur}}{6}$$



Trois chemins de dispersion de chaleur (8+8+8)

$$T S N = \frac{8+8+8}{6} = 4$$

- **Indice de soudabilité**

Il est fonction du pourcentage en *Céq.*, de l'acier à souder, ainsi que de la nature des électrodes utilisées. Le tableau ci-dessous permet de le déterminer après avoir calculé le *Céq.*

Par la formule :

$$CE = \%C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Nr+Mo+V}{10}$$

(BRWA – British welding research association)

Voir le chapitre I page 21 pour les Caractéristiques mécaniques A283 Gr C

$$Ce = \%C + \frac{Mn}{20} = 0.21 + \frac{0.90}{20} = 0.255 \leq 0.45$$

On trouve que  $CE < 0,45$  donc : le matériau a une bonne soudabilité.

### VII.3 PROCEDURE DECONTROLE ET D'INSPECTION DES SOUDURES

Le contrôle de la qualité de soudage des pièces préfabriquées devra se dérouler en continuité, tout le temps pendant la durée des opérations de soudage.

Celui-ci doit être basé sur des standards en vigueur et l'expérience acquise sur les travaux similaires.

#### VII.3.1 Contrôle avant le soudage (contrôle qualitatif)

Ce contrôle envisage les opérations suivantes :

- Contrôle d'équipement de soudage.
- Contrôle des matériaux de base.
- Contrôle des matériaux d'apport.
- Contrôle au nettoyage des surfaces.
- Contrôle de pointage.

### **VII.3.2 Contrôle en cours de soudage**

En cours d'exécution du soudage, les personnes compétentes de contrôle sont tenues de suivre en permanence les activités suivantes :

- Le choix de la procédure de soudage.
- La vérification au retrait des pièces.
- La qualité de la flamme de bruleur.
- Le mode de commencement et la fin de l'arc.
- Exécution de la première passe.
- Mode d'exécution d'autres passes.
- Le nettoyage entre les passes et à la fin de la dernier passe.

### **VII.3.3 Contrôle après le soudage**

Immédiatement après le soudage, le contrôleur doit inspecter les soudeurs terminés.

Ce contrôle comporte les opérations suivantes :

#### **VII.3.3.1 Contrôle visuel**

Les contrôles visuels s'effectuent pendant et après le soudage.

#### **VII.3.3.2 Contrôle par ressuage**

Le contrôle par ressuage est utilisé pour vérifier l'étanchéité des soudures de tôles marginales à l'emplacement V1 et où on ne peut exécuter un contrôle de soudures par l'une des méthodes citées ci-dessus.

L'examen par ressuage nous permet de déceler les discontinuités telles que repliures, tapures, porosités débouchantes sur la surface du joint de soudure.

La surface à examiner doit être propre et exempte de graisse et autres huiles.

Pendant toute l'opération de ce contrôle la température extérieure du joint à examiner doit être comprise entre 10 et 30°C.

Les produits utilisés sont :

- le pénétrant
- le révélateur
- le nettoyant (solvant)

Ces produits doivent être de même marque.

L'application du pénétrant se fera par pulvérisation à l'aide d'une bombe aérosol. Le temps d'imprégnation doit être compris entre 15 et 20 minutes.

Avant l'application du révélateur, on doit éliminer la couche du pénétrant par rinçage à l'eau et séchée avec le solvant et/ou chiffons secs.

Le contrôleur doit prendre soin d'observer la formation d'indications dès le début du séchage du révélateur.

Les indications (éventuels défauts) sont mieux appréciées au plutôt 7 minutes, et au plus tard 30 minutes après séchage du révélateur.

Doivent être réparés les défauts donnant lieu à une :

- indication linéaire
- indication arrondie
- indication alignée

Lorsque l'examen est terminé, les produits résiduels sont éliminés.

### **VII.3.4 Contrôle radiographique**

Le contrôle radiographique des soudures horizontales et verticales de la robe se fera conformément au code API 650. L'interprétation et les critères d'acceptabilité des radiographies se feront suivant le code ASME section VIII. Le choix des emplacements de radiographies devra être reparti de façon que tous les soudeurs soient contrôlés.

Les radiographies doivent être numérotées d'une façon appropriée. Cette numérotation est portée sur le plan du développé de la robe.

Sur chaque radiographie, les indications suivantes doivent apparaître à côté du cordon de soudure :

- Numéro du bac (identification)
- Repère du soudeur

- Numéro du film
- Numéro de commande du projet
- La lettre « R » précèdent le numéro du film quand il s'agit d'une réparation

En plus de ces indications, on placera sur le cordon de soudure un indicateur de qualité d'image (pénétrromètre).

### VII.3.5 Contrôle par ultra son

Les résultats des contrôles appliqués et des épreuves seront enregistrés sur des formulaires qui seront conjointement définis par l'entreprise et l'inspection de l'acheteur et représentent les seuls documents qui prouvent la qualité des travaux effectués.



*Figure VII. 6 Contrôle ultra son*

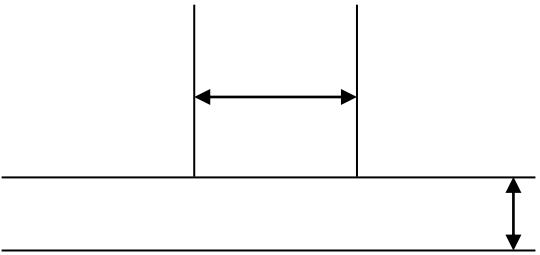
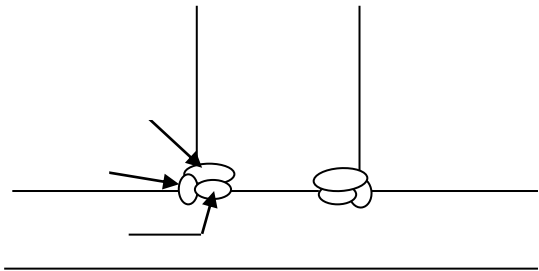
VII.4 SPECIFICATION DE SOUDAGE

VII.4.1 Tôles marginales

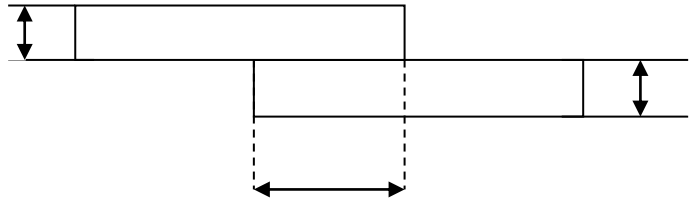
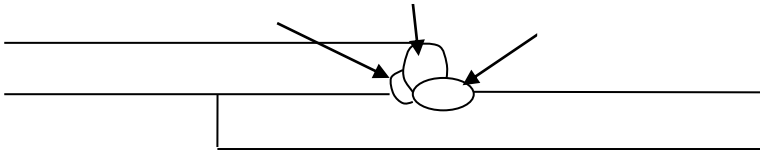
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage	
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)
A573 gr 70	Bout à bout	/	Entaille en V	/	ASME	S.M à l'arc électrique	3	E70 18	450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes					



VII.4.2 Soudage pied de robe

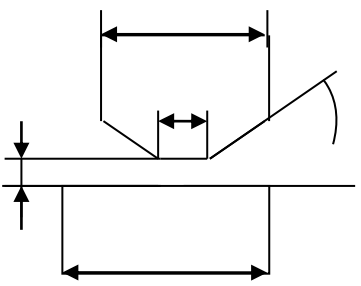
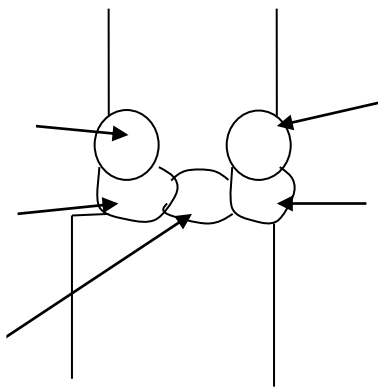
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70 E	Soudage d'angle	2F	/	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	350	140 à 200	4
							2			450	00à 260	5
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

VII.4.3 Tôles de fond

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A283 gr C	Par recouvrement	Plat	/	/	ASME	S.M à l'arc électrique	1	E70 18	3,25	50	10 à 150	3
							2			450	40 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

VII.4.4 Soudage des joints horizontaux de la robe

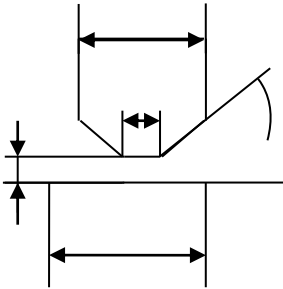
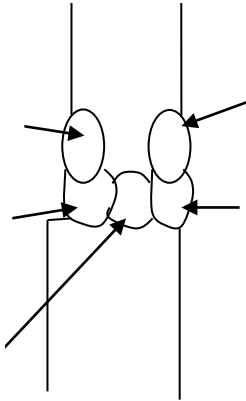
Corniche C1 :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport			Paramètres de soudage	
								désignation	Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en K	/	ASME	S.M à l'arc électrique	1	E70 18	3,25	50	110 à 150	3
							4				--	450
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

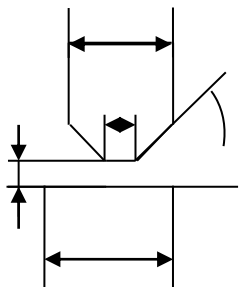
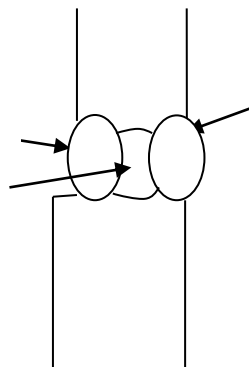
Corniche C2 :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en K	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	110 à 150	23
							4			450	140 à 200	24
Schéma de préparation						Schéma des passes						

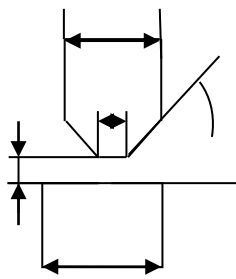
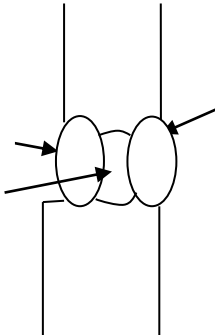
Corniche C3 :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport			Paramètres de soudage	
								désignation	Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en K	/	ASME	S.M à l'arc électrique	1	E70 18	3,25	50	110 à 150	3
							4				450	140 à 200
							Schéma de préparation					
												

Corniche C4 :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport			Paramètres de soudage	
								désignation	Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en K	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	110 à 150	
							2			450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

Corniche C5 :

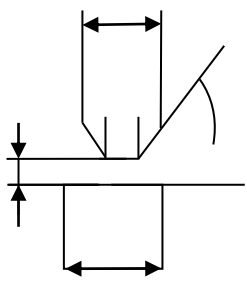
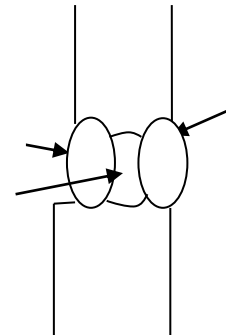
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport			Paramètres de soudage	
								désignation	Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en K	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	110 à 150	3
							2			450	140 à 200	4
Schéma de préparation					Schéma des passes							
												

Corniche C6 :

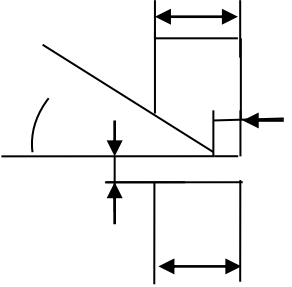
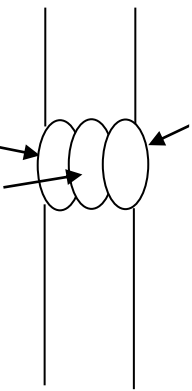
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en V	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	110 à 150	3
							2			450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						



Corniche C7 :

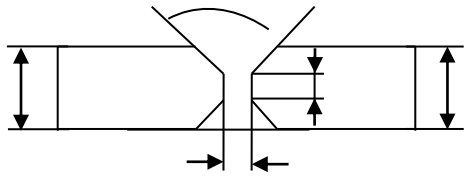
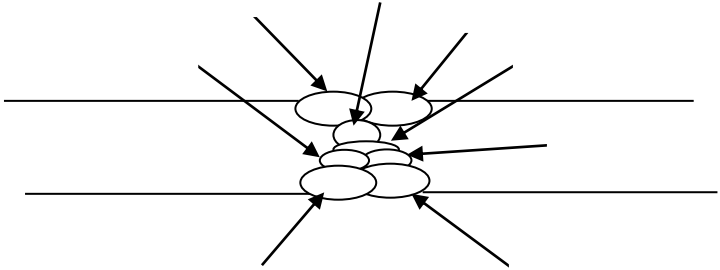
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en K	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	110 à 150	3
							2		450	140 à 200	4	
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

Corniche C8 :

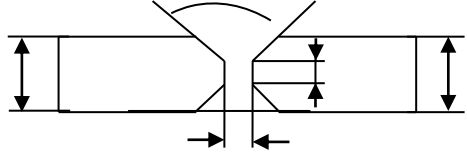
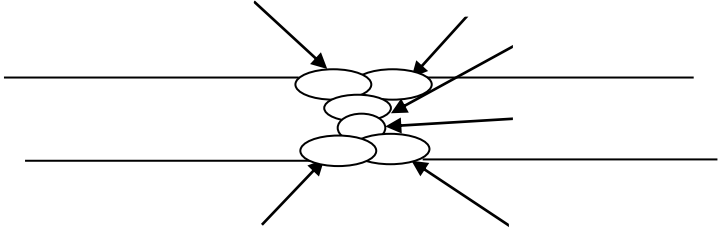
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	2G	Entaille en V	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	10 à 150	3
							2			450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

VII.4.4.1 Soudage des joints verticaux de la robe

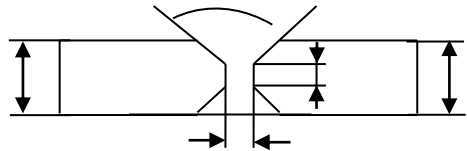
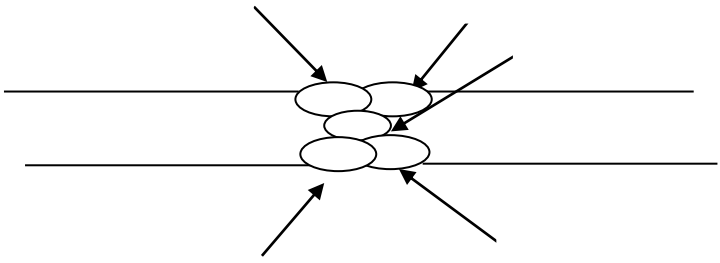
1<sup>er</sup> virole :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en X	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	50	110 à 150	3
							7			450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

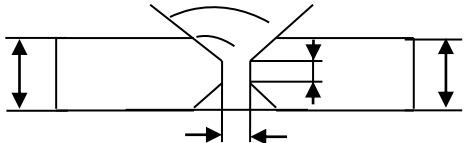
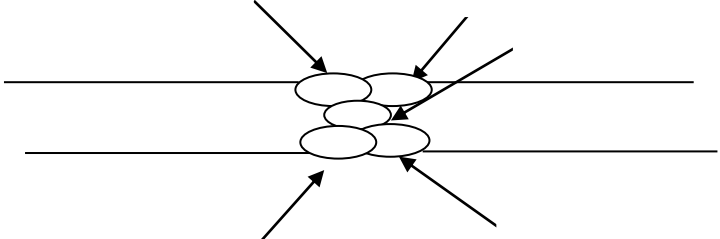
2<sup>ème</sup> virole :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en X	/	ASME	S.M à l'arc électrique	1	E70 18	3,25	350	110 à 150	3
							5			450	140 à 200	4
Schéma de préparation					Schéma des passes							
												

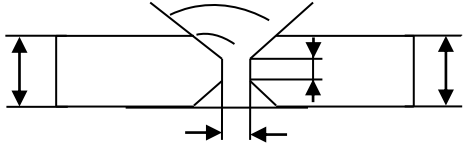
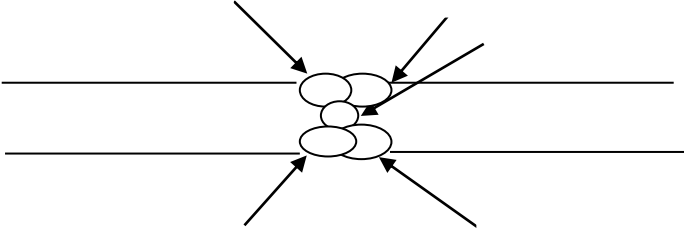
3<sup>eme</sup> virole :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport			Paramètres de soudage	
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en X	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	350	110 à 150	3
							4			450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

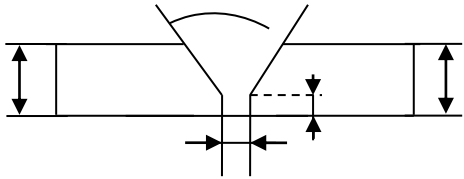
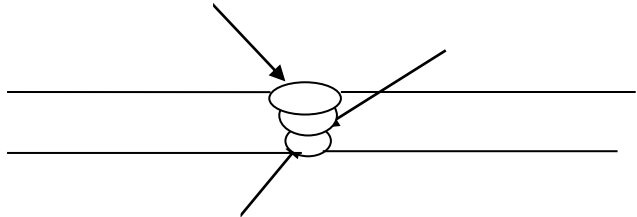
4<sup>eme</sup> virole :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en X	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	350	110 à 150	3
							4				450	140 à 200
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

5<sup>eme</sup> virole :

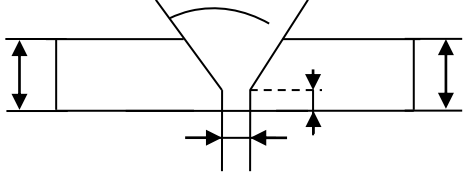
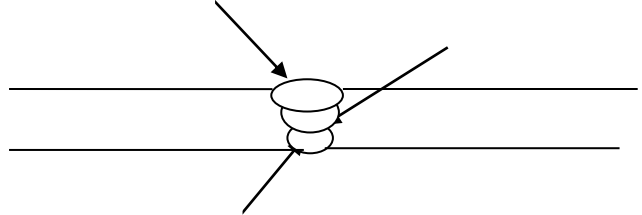
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en X	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	350	110 à 150	3
							4			450	140 à 200	4
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

6<sup>ème</sup> virole :

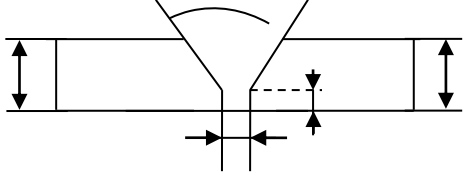
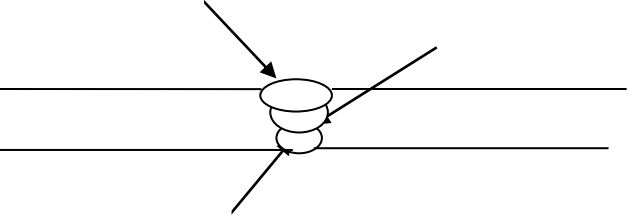
Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en V	/	ASME	S.M à l'arc électrique						
							1	E70 18	3,25	350	110 à 150	3
							2		450	140 à 200	4	
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												



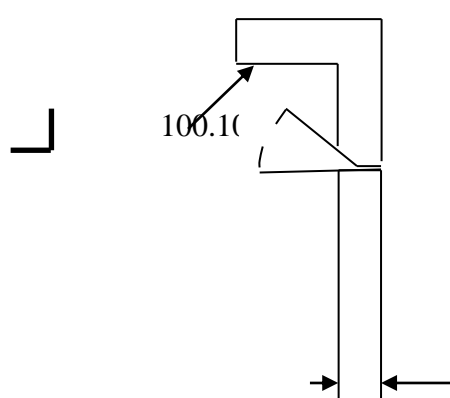
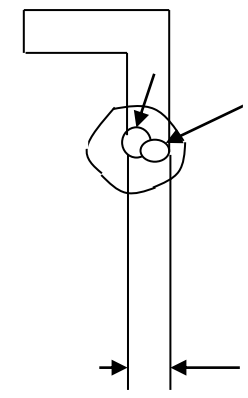
7<sup>eme</sup> virole :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en V	/	ASME	S.M à l'arc électrique	1	E70 18	3,25	350	110 à 150	3
									4	450	140 à 200	4
							2					
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

8<sup>eme</sup> virole :

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes	Métal d'apport		Paramètres de soudage		
								Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	3G	Entaille en V	/	ASME	S.M à l'arc électrique	1	E70 18	3,25	350	110 à 150	23
									450	140 à 200	4	
							2					
Schéma de préparation						Schéma des passes						
												

VII.4.4.2 Soudage de la cornière de rive

Métal de base	Type d'assemblage	Position de soudage	Mode de chanfreinage	préchauffage	Code utilisé	Procédé de soudage	N <sup>bre</sup> de passes		Métal d'apport			Paramètres de soudage	
									Ø (mm)	Longueur (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	
A573 gr 70	Bout à bout	-zone A : 2F - zone B : 4F	/	/	ASME	S.M à l'arc électrique			E70 18	450	140 à 200	4	
Schéma de préparation						Schéma des passes							
													

### VII.5 Conclusion

Il faut que les contrôleurs et les ouvriers soient hautement qualifiés afin d'avoir une bonne qualité de soudage car cela repose sur deux éléments fondamentaux :

- Le bon choix de procédé utilisé.
- L'habilité de l'opérateur.

**viii. Chapitre VIII**

## **VIII.1 INTRODUCTION**

Après avoir construit notre réservoir, il serait judicieux de faire des essais afin de s'assurer de la résistance du montage métallique.

Et comme mesure de protection, plusieurs dispositifs sont à préconiser à savoir ; la peinture, système de refroidissement, système d'extinction de feu.....etc.

## **VIII.2 ESSAIS**

- **Généralités :**

La présente spécification a pour objet de fixer les conditions d'essais des réservoirs à toit flottant.

Cette procédure ne se substitue pas, mais se complète aux dispositions prévues par les normes en vigueur dans le domaine des hydrocarbures.

Les essais, en vue de procéder à la réception provisoire d'un bac, comprennent :

- Essai d'étanchéité sous vide du fond et toit.
- Essai pneumatique des plaques de renfort de tubulures et trous d'homme.
- Essai d'étanchéité à la chaux + gas-oil du pied de robe.
- Essai hydrostatique du réservoir.

Les essais et contrôles sont faits et dirigés par le constructeur bénéficiaire de la réalisation du projet. Ils sont exécutés en présence du maître de l'œuvre assisté ou remplacé éventuellement par une société de contrôle mandatée par celui-ci.

Les essais sont entièrement à la charge du constructeur y compris le personnel et matériel nécessaire à la bonne exécution de ces travaux. Le maître de l'œuvre désignera un point d'eau le plus près possibles du chantier et devra prévoir une canalisation d'évacuation.

### **VIII.2.1 Essai sous vide**

Cet essai est réalisé, conformément au code API 650, en vue de contrôler l'étanchéité des soudures du fond et toit du bac.

Il s'effectue à l'aide d'une boîte sou vide (ventouse). Les soudures à contrôler sont couvertes d'eau savonneuse ; on place la ventouse de telle façon que son axe s'y trouve au milieu adjoint de soudure à contrôler.

On ouvre la vanne d'amenée d'air comprimé dans cette boîte sous vide à une pression de 400 mm Hg. Si aucune bulle n'apparaît à l'intérieur de cette dernière, après quelques secondes, la soudure est jugée satisfaisante. On déplace la ventouse à la position suivante de contrôle jusqu'à ce que toutes les soudures du fond et toit soient contrôlées. La moindre fuite décelée est inacceptable donc à réparer.

### **VIII.2.2 Essai pneumatique**

Cet essai est réalisé afin d'assurer l'étanchéité des soudures de plaques de renfort et piquages de tubulures et trous d'homme sur robe. Il s'effectue en remplissant d'air comprimé, à une pression de 1,5 bar pendant 10 minutes, l'espace entre la virole et la plaque de renfort du piquage sur robe.

Les soudures des plaques de renfort sont préalablement couvertes d'eau savonneuse. L'essai est jugé acceptable si la pression ne diminue pas pendant l'essai.

### **VIII.2.3 Essai d'étanchéité à la chaux + gas-oil**

Cet essai nous permet de vérifier l'étanchéité de la soudure du pied de robe. Cet essai s'effectue après soudage du pied de robe coté intérieur. On badigeonne les soudures intérieures du pied de robe à la chaux et on injecte du gas-oil à l'extérieur de ce dernier.

Le contrôle de l'étanchéité du pied de robe se fera 24 heures après. Le contrôle est satisfaisant s'il n'y a aucune trace de gas-oil à l'intérieur du pied de robe.

### **VIII.2.4 Essai hydrostatique**

C'est un contrôle qui consiste à vérifier l'aspect général des soudures indépendamment des contrôles effectués.

#### **➤ Préparation de l'essai**

Avant de l'essai du bac, celui-ci doit être nettoyé et débarrassé de toutes pièces inutiles et accessoires de montage sauf ceux nécessaires aux essais.

Tous les orifices non utilisés pour les essais seront obturés par des tampons.

Si l'on dispose de l'eau pour l'essai hydrostatique, le réservoir sera rempli par palier en quatre étapes à 25, 50, 75 et 100 %.

Il sera en outre observé un palier de stabilisation de charge égale à 12 heures entre chaque étape et on procédera à un contrôle de tassement de la fondation du bac.

Les soudures et les tôles seront examinées chaque jour pour repérer les suintements éventuels. Cet examen étant fait par temps sec, sur tôle sèche non mouillée (pluie ou humidité). L'examen portera aussi à l'extérieur entre la tôle marginale et la fondation.

En cas de fuite décelée, on abaisse le niveau d'eau de 300 mm en dessous de cette fuite, pour procéder immédiatement à la réparation de la zone défectueuse.

La vidange du bac se fera après l'avoir laissé plein à 100 % pendant 24 heures. Elle s'effectue de la même façon que lors du remplissage du bac.

Si l'on ne dispose pas d'eau pour remplir le réservoir, l'essai hydrostatique peut être effectué, avec l'accord du client et de l'organisme agréé, par l'application d'une huile très pénétrante à l'intérieur du bac et en examinant soigneusement de l'extérieur, l'étanchéité des soudures.

➤ **Contrôle de tassement de la fondation du réservoir :**

Le maître de l'œuvre vérifiera avec le génie civil, la tenue des fondations soit :

1 – La stabilité de la fondation par repère ou nivellement à la lunette avec les mesures faites :

- Avant remplissage
- Après remplissage
- Après vidange

Si le repérage se fait aux moyens d'appareils fixés au sol, la fixation de ces derniers sera d'un (01) mètre de la robe.

## **VIII.3 PROTECTION**

### **VIII.3.1 Protection par peinture (contre corrosion)**

#### **Introduction :**

Le terme "corrosion" désigne la destruction d'un métal sous l'action du milieu environnant (air, eau de mer, solution aqueuses, sols...), par un processus de type physico-chimique.



La forme de corrosion la plus courante est celle qui affecte la structure métallique par une attaque généralisée et uniforme se traduisant par la présence de produit de corrosion à la surface du métal et par une perte de matière uniformément répartie. Mais, dans le nombreux cas, la corrosion se manifeste par une attaque localisée pouvant entraîner des dommages très importants, sans que le métal présente dans son ensemble une perte de poids significative.

L'étude des mécanismes de la corrosion, et par conséquent la connaissance des moyens à mettre en œuvre pour y remédier, repose sur exploitation des lois de la thermodynamique et de la cinétique électrochimique.

### VIII.3.2 Les moyens de lutte contre la corrosion

La lutte contre la corrosion consiste à contrarier les circonstances favorables au développement d'une réaction de corrosion :

- Isolation du métal,
- Modification artificielle du potentiel électrochimique du métal,
- Blocage des réactions de corrosion, en utilisant des inhibiteurs,
- Ralentissement de la corrosion par réaction entre des agents passivent et le métal qui conduisent à la formation de composées chimique stables à la surface du métal à protéger.

### VIII.3.3 Les principaux moyens de lutte sont les suivants

- Protection par revêtement : Cette consiste à isoler le métal du milieu environnant.
- Protection cathodique : Cette méthode ne peut être mise en œuvre que si le métal se trouve en contact à abaisser le potentiel électrochimique du métal à une valeur telle qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer. On admet généralement sauf dans le cas d'agressivité extrême, un seuil de protection de  $-0,85V/Cu$ .  $CuSo_4$ . Le courant de protection peut être délivré, soit par un générateur de courant continu, ce dernier circulant entre une anode déversoir et le métal à protéger ; soit correspondre au courant de dissolution anodique d'un métal plus électronégatif court-circuit avec l'ouvrage métallique à protéger (anode sacrificielles en alliage de Zinc, d'aluminium ou magnésium).

### VIII.3.4 Choix de revêtement

Pour une canalisation enterrée, sélectionner un revêtement anticorrosion, c'est tout d'abord vérifier qu'il possède, pour assurer une longévité de l'ouvrage en exploitation, les caractéristiques essentielles :

- D'imperméabilité à la valeur d'eau, à l'air,
- De faible transmission d'espèces ionique,
- D'inertie chimique et bactériologique,
- De résistance mécanique, afin que les propriétés d'anticorrosion puissent être maintenues de façon durable.

### VIII.3.5 Préparation des surfaces

Le poste de préparation de surface revêt une importance primordiale car toute trace de contamination ou de résidu à la surface du métal est une amorce potentielle de perte d'adhérence.

La préparation de surface vise par ailleurs à ajuster rugosité de surface à une valeur optimale (en général comprise entre 50 et 90  $\mu\text{m}$ ) de façon à faciliter l'interface métal/revêtement (ou le cas échéant métal/adhésif).

Suivant la nature et l'épaisseur du revêtement, cette préparation de surface doit être plus ou moins élaborée. Elle comprend les étapes suivantes :

#### ➤ **Séchage :**

Il est indispensable d'éliminer toute trace d'humidité superficielle avant application du revêtement. En usine, cette opération s'effectue généralement par préchauffage du métal.

#### ➤ **Dégraissage :**

Son but est d'éliminer toutes traces d'huile et contamination diverses provenant des opérations de formage, contrôle ou parachèvement des tubes. On effectue soit à l'aide de détersif à chaud, soit à l'aide de solvants appropriés.

#### ➤ **Décapage :**

Son but est éliminer les traces de rouille (formée à température ambiante) et de calamine (formée à chaud lors de l'élaboration du tube d'acier). Cette opération peut être effectuée de façon chimique ou mécanique. En France, on utilise le procédé mécanique en raison notamment de la complexité des opérations par voie chimique : nombre de bains de décapage,

élimination des produits traitement. De plus, le décapage chimique ne peut pas assurer à lui seul une rugosité suffisant. Il faut donc le compléter par un décapage mécanique.

Par voie mécanique, les différents procédés employés sont :

- La projection d'abrasifs : en usine, on fait appel au grenailage à l'aide de grenaille d'acier (ou de fonte) ronde ou angulaire. Le sablage à l'aide de sable à haute teneur en silice ou de corindon peut être utilisé sur chantier.
- Le broissage : manuel ou de préférence à l'aide de brosses mécaniques rotatives. Il est utilisé quand la projection d'abrasifs est impossible ou de trop complexe à réaliser. C'est essentiellement une méthode de chantier.
- Le choix du procédé dépend de la qualité de surface exigé. Pour les revêtement minces (épaisseur inférieur à 500 microns), la micro géométrie des surfaces est très importante et les fourchettes de rugosité optimale admissible sont assez étroites. Pour les revêtements épais, la micro géométrie de surface est moins importante, cependant l'élimination de toute trace d'oxydes de fer est toujours à rechercher.

❖ **Deux paramètres caractérisent la qualité de préparation de surface obtenue :**

- Le degré de soin par référence à des normes de propreté de surface. La norme la plus couramment utilisée est la norme ISO 850-01 (on peut aussi signaler la norme britannique : BS.4-232/67, la norme ISO définit allemand : DIN, 18364, les normes américain SSPC et NACE TM 01/70). La norme ISO définit les qualités croissantes de propreté de surface à l'aide d'échantillons photographiques référencés, pour le décapage abrasif, sous la forme SA2, SA2, SA2,5 et SA3. Si le degré de soin SA 2 peut être acceptable pour certains revêtements comme les émaux à liants hydrocarbonés, les revêtements modernes exigent au moins SA2,5 et de préférence SA3.
- La rugosité est soit simplement appréciée par comparaison Visio-tactile avec des modèles étalons (Rigottes), soit mesurée par profilographe ou l'aide de répliques, elle doit être adaptée au revêtement appliqué (fluidité et épaisseur de ce dernier par exemple).
- **Dépoussiérage :**

Son but est d'éliminer tout reste d'abrasifs ou poussières à la surface du métal. On procédé par aspiration, soufflage ou même par gravité en basculant les tubes à la verticale.

**VIII.3.6 Procédure de peinture****VIII.3.6.1 Règles Générales pour la mise en œuvre**

-L'Entrepreneur prévoira un local clos à l'abri des poussières pour le stockage des peintures et du matériel pour la préparation des mélanges, dilutions etc...

-Aucun diluant ou huile ne sera ajouté aux peintures sauf instructions du fabricant et l'addition se fera dans ce cas conformément aux spécifications du fabricant.

-La couche de peinture primaire sera appliquée à la brosse.

-La peinture ne sera pas appliquée si les conditions sont telles qu'il existe des risques de pluie, de brouillard ou de condensation avant que la peinture n'ait séché.

-La peinture ne sera également pas appliquée dans une atmosphère chargée de poussières.

-La couche primaire devra être appliquée aussitôt que possible et dans tous les cas dans la même journée que le sablage.

-Le client se réserve le droit de prélever des échantillons à tout moment, avant et pendant les travaux de peinture, ceux-ci doivent être conformes aux fiches techniques de fabricant.

-La réception sur site tiendra compte des paramètres suivant :

- La vérification des épaisseurs.

**VIII.3.6.2 Application de la peinture**

Tout mélange sera effectué jusqu'à ce que la peinture devienne lisse et homogène en l'absence de tourbillon superficiel ou de pigment en suspension.

Le diluant sera généralement nécessaire et sera bien mélangé avec la peinture utilisée, le type et la quantité du diluant seront conformé à la recommandation du fabricant de peinture.

**VIII.3.6.3 Epaisseur de film sec**

La mesure de l'épaisseur de film sec sera effectuée à l'aide calibre d'épaisseur du type a aimant ou d'un calibre d'épaisseur électromagnétique du type a flux magnétique a sonde fixe.

Pour la couche finale de peinture, l'épaisseur totale du film sec sera mesurée une fois tous les 10 mètres carrés, chaque mesure sera exprimée en une moyenne de trois lectures, les unes près des autres.

L'épaisseur totale du film sec, en moyenne, ne sera pas inférieure à 90% de l'épaisseur du film sec prescrite.

Les mesures du film sec seront enregistrées dans un relevé d'inspection.

#### **VIII.3.6.4 Inspection visuelle**

Après que la peinture a été achevée dans sa totalité, le constructeur vérifiera que le nettoyage a été effectué.

Toute abrasions, encoches ou grattages seront réparés.

Pour la surface du fond en contact avec le sol :

- Type de peinture : Bitumineuse.

Acier au carbone dont la température est égale ou inférieure 120°C, applicable pour les surfaces extérieures des réservoirs, structure et tuyauterie.

#### **VIII.3.7 Peintures à appliquer sur les tuyauteries au niveau des bacs**

##### **1ère couche (primaire époxy riche en zinc)**

La 1ère couche a déjà appliquée sur les tuyauteries dans l'atelier de préfabrication.

Il faut donc appliquer la 1ère couche sur les tuyauteries seulement aux endroits suivants (au préalable décapage à l'abrasif, SA 2 ½, rugosité 50-75 micron) :

- Là où des retouches sont nécessaires.
- Au niveau des joints de soudure.

**Remarque :** Si présence de contaminant sur la 1ère couche, il sera nécessaire de laver à l'eau douce avant recouvrement par la 2ème couche.

##### **2ème couche (époxy haut extrait sec) :**

C'est la même peinture qui est utilisée pour la 2ème couche du bac.

##### **3ème couche (polyuréthane acrylique) :**

C'est la 3ème couche qui donne la couleur.

**Couleur :**

- Rouge pour ligne + couronne de refroidissement.
- Rouge + vert pour ligne + couronne mousse.



*Figure VIII.1 Application de la peinture*

**VIII.4 SYSTEME A MOUSSE (CONTRE L'INCENDIE)**

Le contour du sommet du réservoir est équipé par des (**extincteurs**) qui lance la mousse spéciale contre les incendies (feux, fuites de gaz... etc.)

Les détails de ce système sont représentés dans l'**Annexes**.

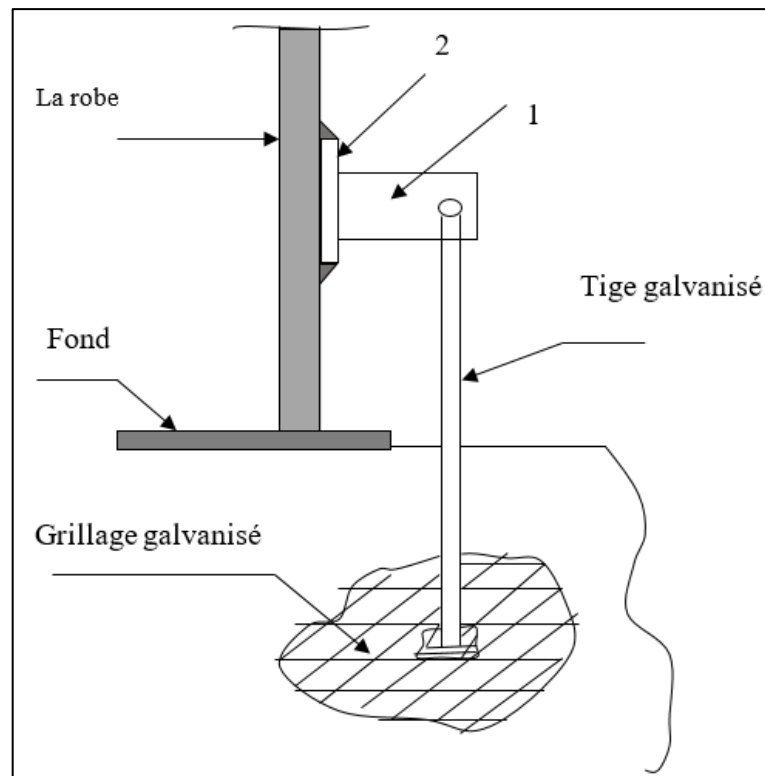
**VIII.5 SYSTEME DE REFROIDISSEMENT**

Ce système est composé d'un tuyau percé et placé sur la surface de la robe, sa fonction principale est de diminuer la température du réservoir si cette dernière est importante.

Les détails de ce système sont représentés dans l'**Annexes**.

**Mise à la terre :** C'est une mesure de sécurité contre l'excès de courant naturel (foudre...).

La plaque 1 est en laiton, elle brasée Sur La plaque d'acier 2



*Figure VIII.2 Système de refroidissement*

## VIII.6 CONCLUSION

L'essai hydrostatique est le plus défavorable pour le réservoir en générale, contrairement aux autres essais qui sont spéciales aux éléments appropriés.

Pour une bonne application de la peinture, il faut avoir une bonne adhérence qui est pour décaper et éliminer les fleurs de rouille.

# **IX. Chapitre IX**



## IX.1 INTRODUCTION

Les fluides sont des corps sans forme propre, ils peuvent subir de grandes variations de formes sous l'action de forces et de sollicitations diverses. La mécanique des fluides étudie leurs équilibres et leurs mouvements que l'on appelle *Écoulement*.

L'hydraulique est la partie de la mécanique des fluides qui traite du comportement et du mouvement de fluide. L'hydraulique vient du grec « Hydro » qui veut dire eau, donc c'est la science de l'eau. L'étude hydraulique a comme but de définir les caractéristiques d'une station de pompage (*tuyauterie et pompe*).

## IX.2 CHOIX DE MATERIAU CONSTITUANT LE CANALISATIONS

### IX.2.1 Critères de sélection de la nuance d'acier

Le choix de matériau appliqué à la canalisation de transport par condensât (caractérisant ainsi le fonctionnement rentable et durable) doit premièrement présenter une structure ferritique une proportion de perlite en bande qui est une structure exigée pour le transport de produit brut (et aussi être en conformité avec les normes appliquées).et en deuxième lieu, il doit avoir des caractéristiques physico chimiques adéquates notamment.

- Pourcentage de carbone et autre éléments.
- Dureté (résistance de la pénétration).
- Ductilité.
- Résistance à la rupture.
- Bonne résistance à la corrosion.

Les producteurs des aciers pour tubes de transport de pétrole brut ont sans cesse doublé leurs efforts pour améliorer les caractéristiques mécaniques ces matériaux. Ils sont souvent contraints de chercher un compromis entre des propriétés antagonistes. Parmi celles – ci, on peut citer :

- La limite d'élasticité.
- La résilience, température de traction ductile fragile.
- La soudabilité.

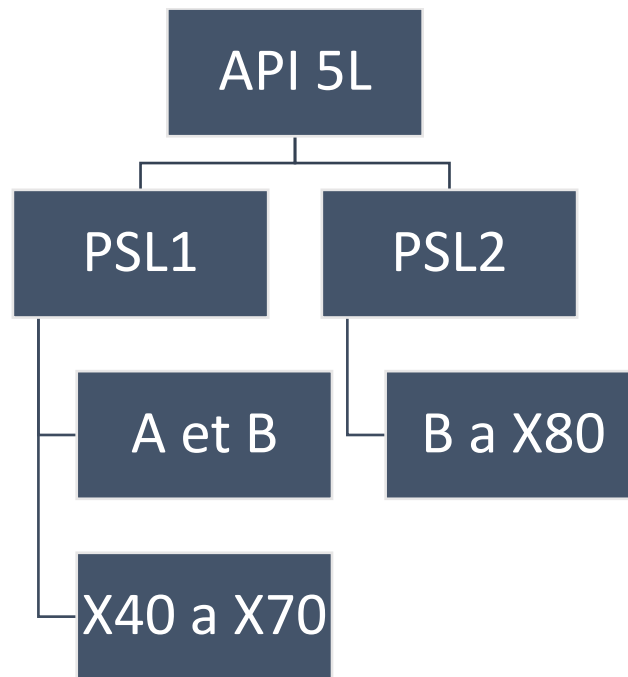
### IX.2.2 Caractérisations des aciers API

Les qualités d'acier couramment utilisées dans la construction des pipelines sont définies dans deux spécifications API les producteurs des aciers pour tubes de transport de

pétrole brut ont sans cesse doublé leurs efforts pour améliorer les caractéristiques mécaniques ces matériaux. Ils sont souvent contraints de chercher un compromis entre des propriétés opposantes. Parmi celles – ci, on peut citer :

*American petroleum Institute* Qui est adaptées depuis 1922 par l'industrie pétrolière américaine :

### IX.2.2.1 Spécification d'API 5 L



## IX.3 DIMENSIONNEMENT DE LA TUYAUTERIE DE REMPLISSAGE ET EXPEDITION ET RECYCLAGE

### IX.3.1 Définitions

#### IX.3.1.1 Tuyauterie d'aspiration

Toute installation de pompage comporte au minimum avant l'aspiration :

- La tuyauterie reliant le stockage à la pompe.
- Le matériel accessoire tel que robinet d'isolement, filtre, prise de pression, purge si la Tuyauterie présente des points bas ou événements pour les points hauts.
- Le supportage de la tuyauterie.

La tuyauterie d'aspiration sera toujours d'un diamètre supérieur à celui de la tubulure d'aspiration de la pompe, aussi courte que possible et complètement étanche. Dans une tuyauterie d'aspiration de gros diamètre, la vitesse du liquide pompé sera réduite ainsi que les

pertes de charge car elles sont proportionnelles à  $V^2/2g$ . Il en sera de même dans les accessoires.

Lorsque le produit pompé se trouve dans un réservoir placé au-dessus de la pompe, la tuyauterie d'aspiration ne doit pas former aucun point bas ni point haut, être en pente descendante régulière vers la pompe. Si le produit pompé se trouve à un niveau inférieur à celui de l'axe de la pompe, la tuyauterie d'aspiration sera en pente montante vers la pompe avec un minimum de 2%. On évitera la présence de points hauts et de points bas afin d'empêcher la formation de poches d'air ou de gaz qui auraient pour effet de désamorcer la pompe. Concernant le robinet vanne de sectionnement, il sera toujours installé sur le plus gros diamètre de la tuyauterie d'aspiration et avant la longueur droite imposée. Tous les coudes installés immédiatement avant l'aspiration d'une pompe auront un rayon de cintrage le plus grand possible.

En conclusion on peut dire que, pour obtenir le meilleur rendement d'une pompe, quel que soit le type utilisé, on doit s'efforcer :

- De favoriser l'uniformité de la vitesse du fluide en tous points de l'entrée de l'ouïe d'aspiration.
- D'éviter les points bas, les contre pentes et la formation de poches de pétrole brut.

### **IX.3.1.2 Tuyauterie de refoulement**

Toute installation de pompage comporte, en plus de la tuyauterie principale de refoulement, le matériel accessoire suivant :

- Prise de pression.
- Clapet anti retour.
- Vanne de sectionnement.
- Purge.
- Supportage.

La vitesse du liquide pompé est grande dans la volute de la pompe. Il n'est pas pensable de conserver une telle vitesse dans la tuyauterie de refoulement car les pertes de charge proportionnelles à  $V^2/2g$  ; seraient trop importantes. Pour ramener la vitesse du liquide à une vitesse plus raisonnable, il est indispensable d'installer une tuyauterie de diamètre nominale supérieure à celui de la tubulure de refoulement de la pompe. Dans ce but, il faut prévoir un divergent le plus près possible de la bride de raccordement à la pompe.

Pour que la transformation de la vitesse dans la pompe en pression dans la tuyauterie intervienne avec le minimum de pertes, le changement de diamètre doit s'effectuer progressivement.

Une prise de pression ne sera jamais réalisée sur le point haut du corps de pompe, ni sur le divergent, ni après le clapet anti-retour.

Ces pratiques, pourtant fréquemment rencontrées, sont à proscrire totalement car elles ne permettent pas la lecture réelle de la valeur réelle de la pression statique à la sortie de la pompe. De plus lorsque la prise de pression est pratiquée sur le corps de la pompe ou après le clapet de retenue, l'aiguille de manomètre risque de battre continuellement indiquant une anomalie de l'installation.

**IX.3.2 Dimensionnement de collecteur principale de réseau qui effectue une partie du processus de remplissage et de vidange ensemble (expédition et remplissage)**

*Tableau IX.1 Les coordonnées et les longueurs du collecteur principal de réseau qui effectuent une partie du processus de remplissage et de vidange ensemble*

Tronçon	Langueur	Détraction mm			Rôle
		X	Y	Z	
1	2128.4	-1505	/	-1505	Sortie et entré bac (R et V)
2	5401.6	-2650	-3890	-2650	R et V (aspiration)
3	452548.4	-320000	-320000	/	R et V (aspiration)
4	4100	-4100	/	/	R et V (aspiration)
5	3846.6	/	-2720	-2720	R et V (aspiration)
6	6360	/	-6360	/	R et V (aspiration)
7	4150	4150	/	/	La pompe
8	6690	6690	/	/	R et V
9	2262.7	1600	/	-1600	R et V
10	9650	9650	/	/	R et V
11	4380		-4380	/	R et V
12	9416	9416	/	/	R et V
<b>Langueur totale</b>		<b>51.093m</b>			

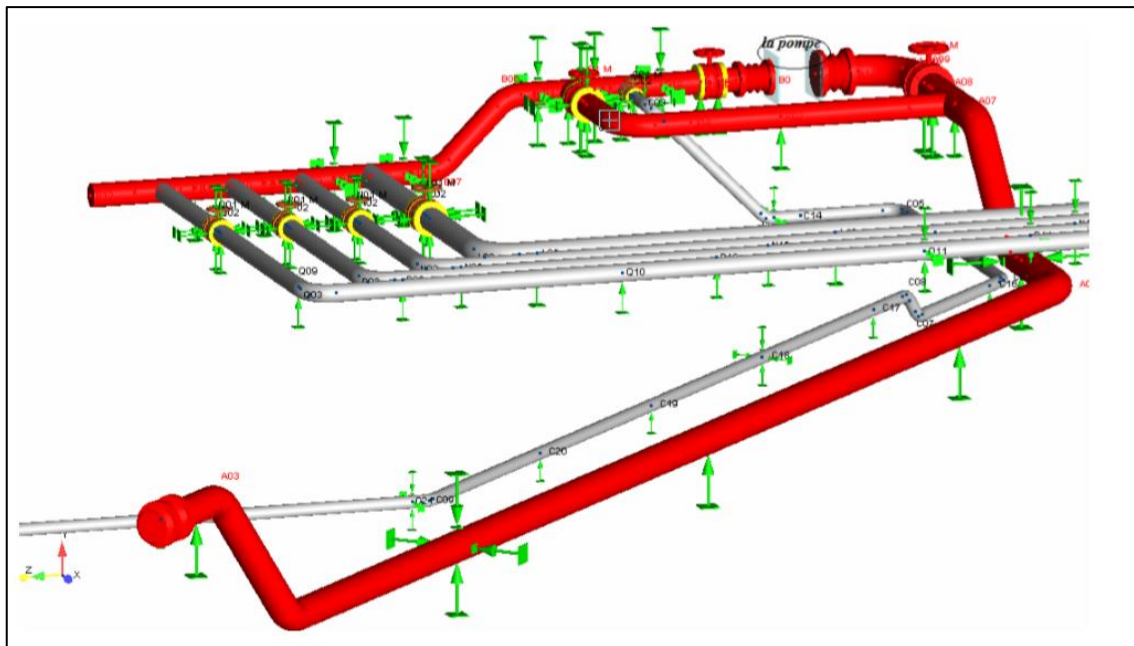


Figure IX.1 Collecteur principale de réseau qui effectue le processus de remplissage et de vidange ensemble 24'' (aspiration et refoulement).

**IX.3.3 Dimensionnement des tronçons du réseau qui effectuent les processus de recyclage de produit (diamètre de réseau qui effectuent le processus standard 14'')**

Tableau IX.2 les coordonnées et les longueurs de réseau qui effectuent les processus de recyclage de produit

Tronçon	Langueur mm	Détraction mm			Rôle
		X	Y	Z	
1	2380	/	2380		Recyclage
2	4186.07	-2960	/	-2960	Recyclage
3	3329	-3329	/	/	Recyclage
4	8850	8850	/	/	Recyclage
5	4596.19	3250	3250		Recyclage
6	463.40	150	150	412	Recyclage
7	28001.43	19800	19800	/	Recyclage
8	184000	184000	/	/	Recyclage
Langueur totale		<b>235.805 m</b>			

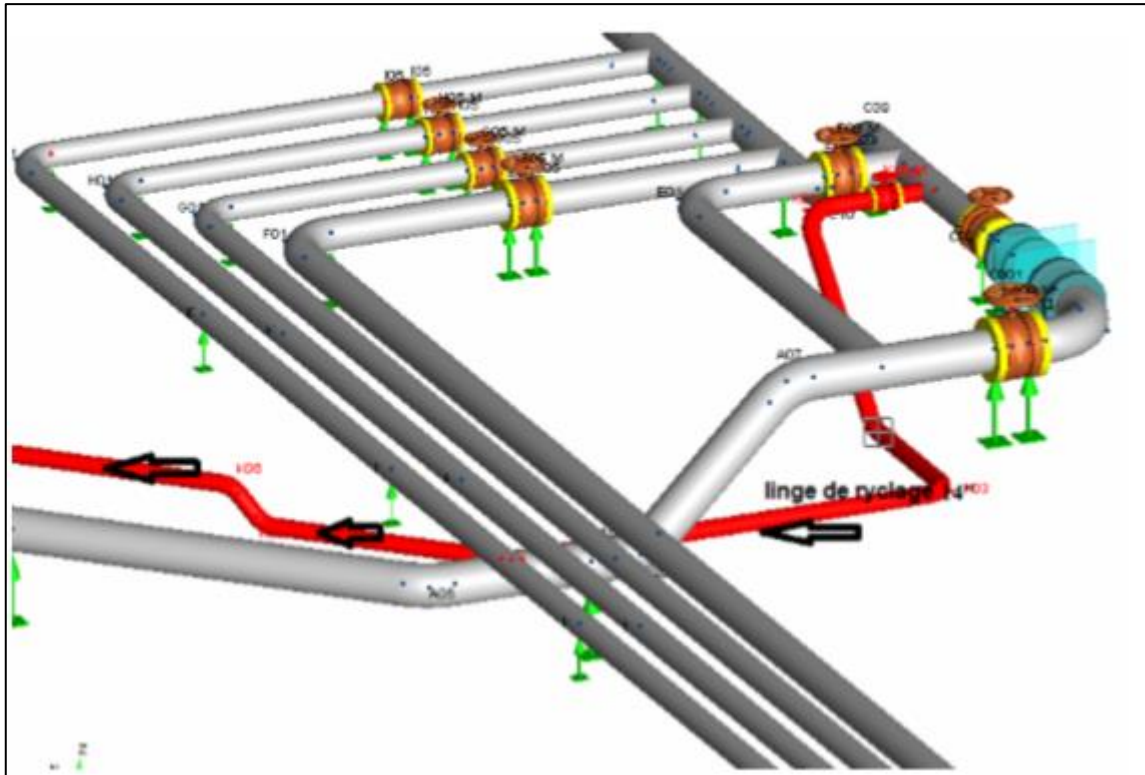


Figure IX.2 Réseau de recyclage (8'')

**IX.3.4 Dimensionnement des composants principaux de pipe du réseau qui effectuent les processus de remplissage**

Tableau IX.3 les coordonnées et les longueurs de réseau qui effectuent les processus de recyclage de produit

Tronçon	Langueur mm	Détraction mm			Rôle
		X	Y	Z	
1	10110	/	10110	/	Remplissage
2	270010	-270010	/	/	Remplissage
3	1038.62	-910.35	/	500	Remplissage
5	53650	-53650	/	/	Remplissage
6	58500	/	-58500	/	Remplissage
Langueur totale		393.308 m			

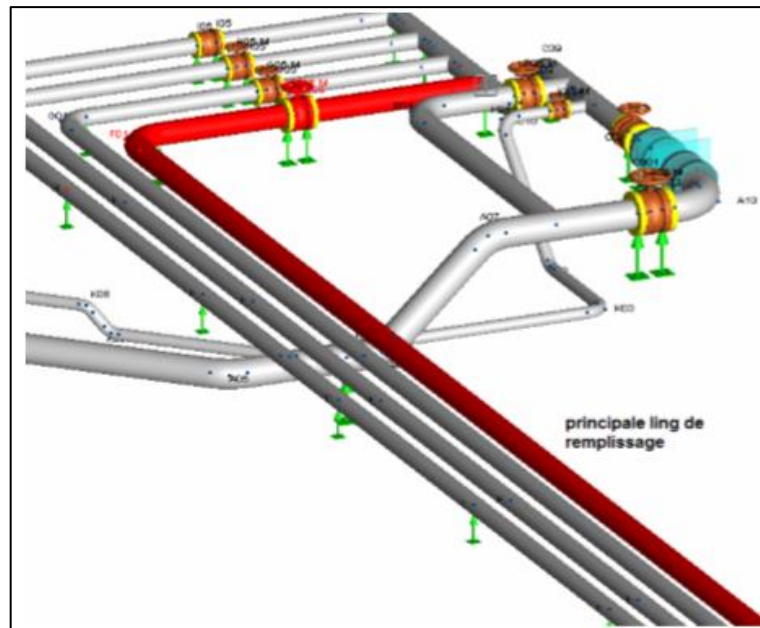


Figure IX.3 Partie Réseau qui effectue le processus de remplissage et ensemble 20'' (aspiration)

**IX.3.5 Dimensionnement des tronçons du réseau qui effectuent les processus d'expiation**

Pour expédition de produit n ou utilisons 3 pipes a approximativement de même longueur

1<sup>er</sup> ligne

Tableau IX.4 les coordonnés et les longueurs de réseau qui effectuent les processus d'expiation

Tronçon	Langueur mm	Détraction mm			Rôle
		X	Y	Z	
1	13110	/	13110	/	Refoulement
2	283810	-283810	/	/	Refoulement
3	777.82	-550	/	550	Refoulement
4	59650	-59650	/	/	Refoulement
5	64650	/	-64650	/	Refoulement
Langueur totale		<b>422 m</b>			

2eme ligne

Tronçon	Langueur mm	Détraction mm			Rôle
		X	Y	Z	
1	12110	/	12110	/	Refoulement



2	282150	-282150	/	/	Refoulement
3	777.82	-550	/	550	Refoulement
4	57650	-57650	/	/	Refoulement
5	63650	/	-63650	/	Refoulement
Langueur totale		<b>416.337 m</b>			

3eme ligne

Tronçon	Langueur mm	Détraction mm			Rôle
		X	Y	Z	
1	11110	/	11110	/	Refoulement
2	280531	-280531	/	/	Refoulement
3	777.82	-550	/	550	Refoulement
4	55650	-55650	/	/	Refoulement
5	62650	/	-62650	/	Refoulement
Langueur totale		<b>410.718 m</b>			

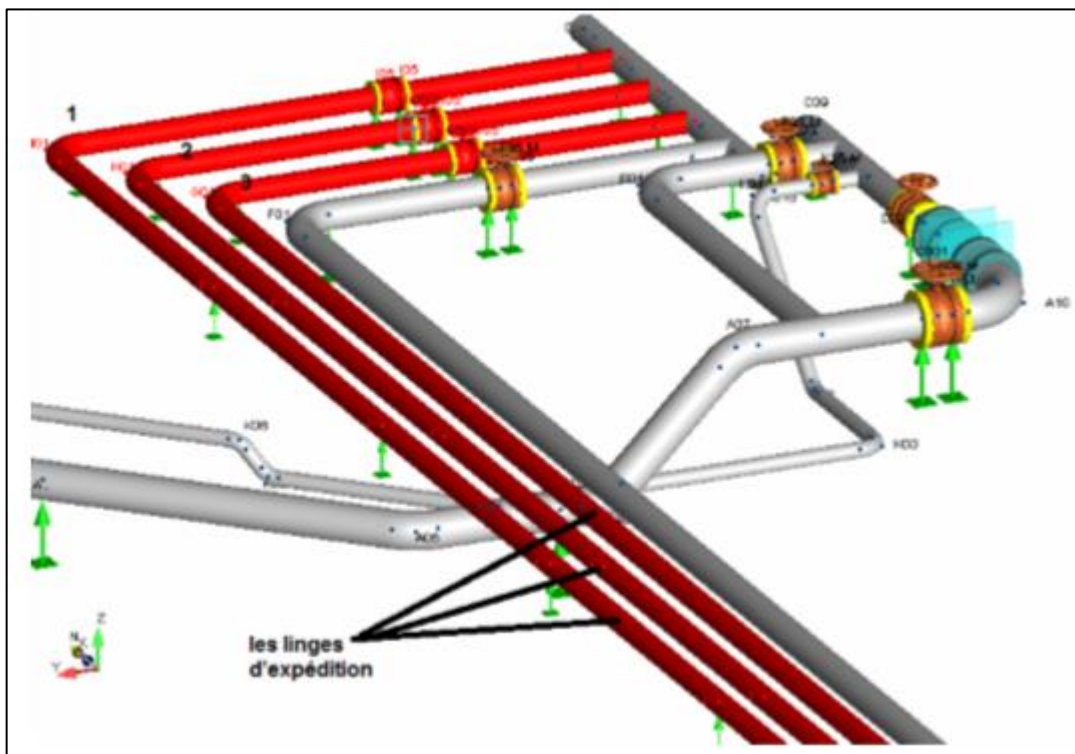


Figure IX.4 Partie Réseau qui effectue le processus d'expédition 18" (refoulement)

**Remarque**



Afin de pouvoir dimensionner la longueur et l'emplacement de canalisation de produit, nous utilisons plusieurs logiciels (SolidWorks et AutoCAD, AutoPIPE)

### IX.3.6 Les pompes

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique. Selon la condition d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide. Une pompe permet ainsi de vaincre entre les deux extrémités d'un circuit

- Une différence de pression
- Une différence d'altitude
- Une perte de charge due à la longueur de la canalisation et à ses divers accidents (coudes, vannes, turbines, etc.)

#### IX.3.6.1 Les caractéristiques importantes des pompes

##### IX.3.6.1.1 Le débit

Le débit  $qv$  fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps. Il s'exprime en mètres cubes par seconde ( $m^3/s$ ) ou plus pratiquement en mètres cubes par heure ( $m^3/h$ ).

##### IX.3.6.1.2 La hauteur manométrique

On appelle hauteur manométrique  $H$  d'une pompe, l'énergie fournie par la pompe par unité de poids du liquide qui la traverse. La hauteur manométrique varie avec le débit et est représentée par la courbe caractéristique  $H=(qv)$  de la pompe considérée (donnée constructeur).

##### IX.3.6.1.3 Rendement

Le rendement  $\eta$  d'une pompe est le rapport de la puissance utile  $P$  (puissance hydraulique) communiquée au liquide par la pompe à la puissance absorbée  $P_a$  par la pompe à la pompe (en bout d'arbre) ou par le groupe (aux bornes du moteur). Si  $qv$  est le débit volume du fluide,  $\rho$  sa masse volumique et  $H$  la hauteur manométrique de la pompe, la puissance  $P$  et le rendement  $\eta$  sont donnés par :

$$P = qv \rho g H \qquad \eta = \frac{qv \rho g H}{P_a}$$

Le rendement de la pompe varie Avec le débit et passe par un maximum pour le débit nominal autour duquel la pompe doit être utilisée.

### IX.3.6.2 Les différents types de pompe

Il existe deux types de pompage :

**En aspiration**, si le fluide qu'elle pompe est situé à une altitude plus basse que la pompe elle-même,

**En charge**, s'il est situé à une altitude plus haute.

La pompe est choisie en fonction des caractéristiques du circuit de circulation et du débit de liquide dans ce circuit. Pour traduire numériquement les caractéristiques d'un circuit, on calcule sa hauteur manométrique totale(HMT).

### IX.3.7 Calculer les diamètres des canalisations est les vitesses réales de produits

#### IX.3.7.1 Donnée de réseau

- Débit d'eau d'intervention =  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ .
  - Pression de service =  $5,03 \text{ bar}$ .
  - Matériau de la tuyauterie : API 5L Gr B. Acier au carbone ;
  - Hauteur d'élévation : négligeable (le réseau a le même niveau que le réservoir).
- ❖ **Expéditions du produit vers station de pompage principale de chargement** : Une pompe verticale à bulbe émergée dans un baril vertical (identique à l'existant) (**Pompe Booster**) assurant un débit (1) au refoulement de  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$  avec une pression moyenne de  $5,03 \text{ bars}$  au refoulement,
- ❖ **Expédition vers les bacs de stockage (Remplissage)** :

Pour le remplissage de bac nous utilisons il existe déjà une stationne de pompage assurant débit (2)  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$  avec une pression moyenne de  $5,03 \text{ bars}$  au refoulement coté d'aspiration

### IX.3.8 Calcul diamètre extérieur de collecteur principal d'aspiration

Vitesse d'aspiration :  $0.8 \text{ m/s} \dots 1.8 \text{ m/s}$

#### Calcul diamètre extérieur

$$D_{\text{ext}} = 24'' = 0,609 \text{ m}$$

#### Diamètre intérieur de collecteur principal d'aspiration:

La formule d’après le code algérien pour l’épaisseur de paroi de pipe est comme suivie :

$$t = \frac{P \times D}{2 (X.E \text{ ou } y.R)} \text{ Tel que :}$$

- t : l’épaisseur de pipe (entrée / sortie) en pouce.
- P : Pression d’épreuve en Psi = pression de service × 1 = 7,546 bar=109,43Psi.
- D : Diamètre de pipe (entrée / sortie).
- E : Limite élastique ;
- R : Résistance à la traction.

Puisque on a implanté ce projet à Hassi messaoud donc la zone de coefficient doit être : Zone II surface [x = 0,73] [y = 0,44] Et puisque la nuance de pipe API 5L est de grade B donc E et R devient comme suit : Grade B [E= 35 000] [R = 60 000] ; De plus: t est incluse avec 12,5% de tolérance et 3 mm d’épaisseur de corrosion Donc : l’épaisseur de pipe d’entrée réel sera comme suivie :

**treeel = t + t × 12,5% + 3..... (\*)** : Remarque 1 Après le calcul de l’équation (\*) si on trouve la valeur de l’épaisseur réel moins que la valeur standard dans l’ASME (B31.3) on prend la valeur de cette dernière comme une valeur normalisée, et d’après ASME B31.3 on à :

Tableau IX.5 valeur normalisée, et d’après ASME B31.3

Diamètre extérieure de pipe (pouce)	Diamètre extérieure de pipe (mm)	La valeur standard de « t » (mm)
26	660	9,53
24	609	9,53
34	863	9,53
20	508	9,53
8	219,1	8,18
10	273	9,27
12	323,8	9,53
14	355,6	9,53
16	406,6	9,53
18	457	9,53

Alors :

$$D1_{int} = D1_{ext} - (2 \times t_{reel})$$

On cherche :  $t_{reel} = ?$

$$t_{reel} = \frac{P \times D}{2 \times (y.R)}$$

$$t_{reel} = \frac{109,41 \times 24}{2 \times (0,44 \times 60 \times 10^3)} = 0,049 \text{ pce} = 1,24 \text{ mm}$$

$t_{reel} = 1,24 + 0,115 + 3 = 4,395 \text{ mm}$  D'après le tableau précédent (**tableau IX.5**) :

On a :  $4,395 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$

Donc :  $t_{reel} = 9,53 \text{ mm}$

Alors:

$$D1_{int} = 609 - (2 \times 9,53) = 589,94 \text{ mm}$$

### IX.3.8.1 La vitesse réelle d'aspiration

$$V_{reel} = \frac{Q_1}{S_{int}}$$

$$S_{reel} = \frac{\pi \times D1_{intr}^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,59^2}{4} = 0,26 \text{ m}^2$$

$$\text{D'où: } V_{reel} = \frac{Q_1}{S_{intr}} = \frac{2400}{0,26 \times 3600} = 2,26 \text{ m/s}$$

**$V_{reel asp} = 2,26 \text{ m/s}$**

**Coté de refoulement**

### IX.3.8.2 Le Diamètre extérieur et épaisseur de collecteur principale de réseau qui effectuent le processus de remplissage et vidange simultanément

**Remarque**

*Expéditions du produit vers station de pompage principale de chargement (vidange) Expédition vers les bacs de stockage (Remplissage),*

- La vitesse refoulement de condensat :  $V_{ref} = (1 \text{ m/s} \text{ } 3 \text{ m/s})$

- Le débit global= (2400 m<sup>3</sup>/h), Nous nous concentrons sur la vitesse de refoulement au lieu la vitesse d'aspiration De notre débit volumineux dans le remplissage du navire a un moment précis On a :

Q1: le débit de collecteur principale d'écoulement.

S<sub>2ext</sub> : la surface extérieure de collecteur principale d'écoulement

V<sub>ref</sub> : La vitesse refoulement 1,9 m/s

$$S_2 = \frac{Q_1}{V_{ecl}} = \frac{2400}{2,6 \times 3600} = 0,256 \text{ m}^2$$

Donc :

$$S_{2ext} = \frac{\pi \times D_2^2}{4} = 0,256 \text{ m}^2$$

D<sub>2</sub> : est le diamètre de collecteur d'aspiration.

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,256}{\pi}} = 0,571 \approx 20''$$

Le diamètre extérieur adopté est :

$$D_{2ext} = 20'' = 0,508 \text{ m}$$

❖ **Diamètre intérieur de collecteur principal d'écoulement (vers stockage et vers la station de pompage) :**

$$\text{Alors : } D_{2int} = D_{2ext} - (2 \times t_{2reel})$$

$$\text{On cherche : } t_{2reel} = ? \quad t_{2reel} = \frac{P \times D}{2(y.R)}$$

$$t_{2reel} = \frac{109,43 \times 20}{2 \times (0,44 \times 60 \times 10^2)} = 0,414 \text{ pce} = 1,051 \text{ mm}$$

$$t_{2reel} = 1,051 + 0,131 + 3 = 4,182 \text{ mm}$$

D'après le tableau précédent (tableau IX.5) on a :

On a : 4,182 mm < 9,53mm Donc :

$$\text{Alors: } D_{2int} = 609 - (2 \times 9,53) = 589,94 \text{ mm}$$

**IX.3.8.3 La vitesse de refoulement de collecteur principal d'écoulement**

$$V_{2reel} = \frac{Q_1}{S_{int}}$$

$$S_{1reel} = \frac{\pi \times D_{1intr}^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,58994^2}{4} = 0,267 \text{ m}^2$$

D'où:  $V_{2reel} = \frac{Q_1}{S_{1intr}} = \frac{2400}{0,267 \times 3600} = 2,49 \text{ m/s}$

**$V_{2reel asp} = 2,49 \text{ m/s}$**

**IX.3.8.4 Calcule les diamètres extérieurs et l'épaisseur des pipelines principaux de d'expédition vers la station principale de pompage**

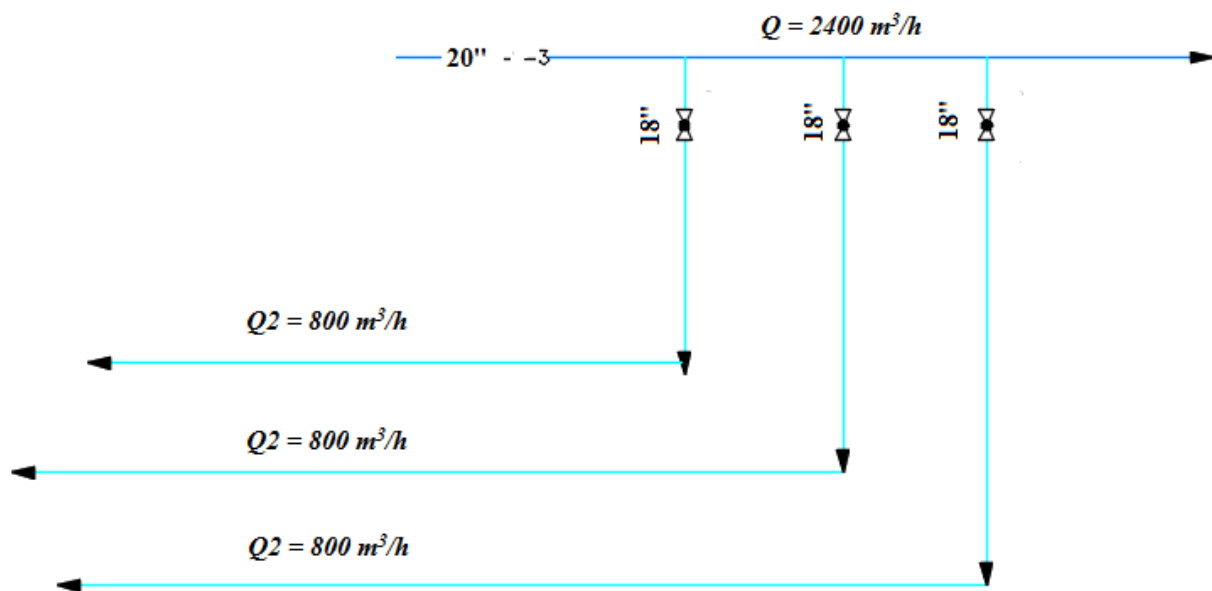
Pour l'expédition de produit vers la station de pompage principale on a 3 lignes (3 pipeline principale de refoulement)

Les 3 lignes sont même diamètre de 18''

La vitesse écoulement (1m /s 3m/s) ..... (Refoulement)

Le calcul des diamètres (intérieur) ainsi que les vitesses d'écoulement et fait pour les pipes suivantes :

- **Suivante le théorème de Bernoulli :**



**On trouve  $Q_2 = 800 \text{ m}^3/\text{h}$  (pour chaque ligne)**

- ❖ **Diamètre intérieur des pipes principal d'écoulement :**

Alors :

$$D_{3int} = D_{3ext} - (2 \times t_{3reel})$$

On cherche :  $t_{3reel} = ?$

$$t_{3reel} = \frac{P \times D}{2 (y.R)}$$

$$t_{3reel} = \frac{109,43 \times 18}{2 \times (0,44 \times 60 \times 10^3)} = 0,037 \text{ pce} = 0,939 \text{ mm}$$

$$t_{3reel} = 0,939 + 0,117 + 3 = 4,056 \text{ mm}$$

D'après le tableau précédent (tableau IX.5) On a :  $4,056 \text{ mm} < 8,18 \text{ mm}$

Donc :  **$t_{3reel} = 8,18 \text{ mm}$**

Alors:

$$D_{3int} = 457 - (2 \times 8,18) = 440,64 \text{ mm} = 11,19 \text{ pouce}$$

#### IX.3.8.5 La vitesse réelle de refoulement (les pipes d'expédition)

$$V_{3reel} = \frac{Q_1}{S_{3int}}$$

$$S_{1reel} = \frac{\pi \times D_{1intr}^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,44064^2}{4} = 0,152 \text{ m}^2$$

$$D'où : V_{3reel} = \frac{Q_1}{S_{1intr}} = \frac{800}{0,152 \times 3600} = 1,461 \text{ m/s}$$

$$V_{1reel} = 1,461 \text{ m/s}$$

#### IX.3.8.6 Les diamètres extérieurs et l'épaisseur des pipelines principaux de remplissage de bac

Pour remplissage de réservoir on a un linge (linge de remplissage De diamètre 26''),

Le débit global = (2400 m<sup>3</sup>/h),

La vitesse écoulement. (Refoulement de produit)

(station de pompage principale vers le bac) (1 m/s. 3m/s)

$$D_{1ext} = 20'' = 0,508 \text{ m}$$

$$t_{4réel} = 9.53 \text{ mm}$$

$$D_{4int} = 508 - (2 \times 9.53) = 488.94 \text{ mm}$$

### IX.3.8.7 La vitesse refoulement réel

$$V_{4reel} = \frac{Q_1}{S_{int}}$$

$$S_{4reel} = \frac{\pi \times D_{4intr}^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.58994^2}{4} = 0.267 \text{ m}^2$$

$$V_{4reel} = \frac{Q_1}{S_{int}} = \frac{2400}{0.267 \times 3600} = 2.49 \text{ m/s}$$

$$V_{4reel} = 2.49 \text{ m/s}$$

## IX.4 SYMBOLE UTILISE

- (1): de collecteur principal d'aspiration.
- (2): collecteur principale de réseau qui effectuent de la le processus de remplissage et vidange simultanément.
- (3) : pipelines principaux de d'expédition vers la station principale de pompage.
- (4) : pipelines principaux de remplissage de bac ;
- Q1: le débit de collecteur principale (expédition /remplissage ;
- Q2: le débit des pipes d'expédition.
- *Dext*: le diamètre extérieur.
- *Dint*: le diamètre intérieur.
- *Sint*: la surface intérieure.
- *Vréel*: la vitesse réelle de produit.
- *tréelR*: l'épaisseur réelle.

## IX.5 CONCLUSION

L'épaisseur nominale calculée est inférieure à l'épaisseur choisie de la tuyauterie correspond au Schedule STD.



# Conclusion générale

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Nous avons essayé dans ce modeste mémoire d'expliquer les grandes lignes de l'étude et la conception d'un bac de stockage à toit flottant à double Deck ou double pont, tout en respectant le code API 650 et surtout bien connaître les procédures de soudage (ASMI section IV). Nous avons terminé notre étude en traitant l'étude d'un tronçon de tuyauterie.

Cette étude nous a permis de connaître les différentes méthodes de travail dans les bureaux d'études spécialisés actuels et de mettre en applications des notions théoriques que nous avons acquises durant nos études. Par ailleurs, ce projet nous a fait découvrir des connaissances dans l'une des plus importantes filières industrielles : la chaudronnerie et la tuyauterie.

Enfin, nous souhaitons assister à la réalisation de ce projet dans la réalité pour que nous puissions acquérir une certaine pratique dans le montage de ce genre d'ouvrage.

# Bibliographie

### Référence bibliographie

#### ❖ Code et règlements :

- 1 API Standard 650 version 2013 "American petroleum intuits"
- 2 EUROCODE 3 : calcul de structure en aciers
- 3 MEMOTECH 4 : structure métallique
- 4 Règlement neige et vent RNV 65
- 5 Norme ASTM (American society for testing and material)
- 6 ASME (American society of mechanical engineers) boiler and pressure vessel code

#### ❖ Logiciel

- 1 AutoCAD
- 2 Auto pipe
- 3 Inkscape

#### ❖ Memoire fin d'étude

- 1 Mémoire de ABDELAZIZ ABDESLAM et MOUAZER FATAH.

**Thème : étude est conception d'un bac de stockage à toit flottant d'une capacité de 35000 m<sup>3</sup>**

**Promoteur : Mr. IFRAH.R**

**Année : 2016/2017**

#### ❖ Site web

- [www.soudure.com](http://www.soudure.com)

## المخلص:

عملنا هذا يتمحور حول دراسة وتصميم خزانين بسعة 25000 متر مكعب من البترول الخام وربطهما بشبكة أنابيب في حاسي مسعود ولاية ورقلة، الجزائر.

❖ الخزائين عبارة عن مجموعة من صفائح معدنية الملحومة معا ذات شكل أسطواني مع محور عمودي وسقف مزدوج الأسطح يطفو على السائل.

❖ لقد استعملنا برنامج Auto pipe بالنسبة لشبكة الأنابيب.

❖ لقد قمنا باستعمال العديد من المعايير والقوانين العالمية، مثل API 650، ASME، Euro code3.

## Résumé :

Notre travail consiste à étudier et à concevoir deux réservoirs d'une capacité de 25000 m<sup>3</sup> pétrole brut et à les connecter à un réseau de tuyauterie à Hassi messaoud wilaya de Ouargla, Algérie.

- ❖ Les deux réservoirs sont un groupe de tôles cylindriques soudées avec un axe vertical et un toit double face flottant sur le liquide.
- ❖ Nous avons utilisé le programme Auto pipe pour le réseau tuyauterie.
- ❖ Nous avons utilisé de nombreuses normes et lois internationales telles que API 650, ASME, Euro code3.

## Abstract

Our work revolves around studying and designing two tanks with capacity of 25000 m<sup>3</sup> of crude oil and connecting them to pipeline network in Hassi messaoud Ouargla, Algiers.

- ❖ The two tanks are a group of metal sheets together with a vertical axis and double-sided roof floating on the liquid.
- ❖ We have used Auto pipe for piping network.
- ❖ We have used many international standards and laws such as API 650, ASME, Euro code3.