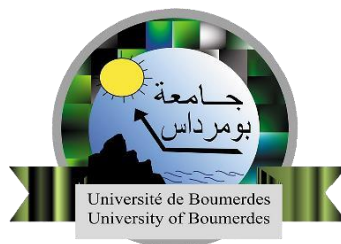


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique

Option : Ouvrages Métalliques et Chaudronnés

THEME

Etude d'un réseau anti-incendie avec un réservoir à toit fixe + tronçon de tuyauterie à la centrale thermique de Cap-Djinet

Présenté par :

- CHERIF Abderrahim

- CHOUEH Athmane

Promoteur : Mr IFRAH R.

Encadreur : Mr LEBHIRI L.

Promotion 2020 - 2021

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions en premier lieu "Allah" de nous avoir donné

force , courage , patience et persévérance

afin d 'accomplir notre parcours éducatif à travers ce mémoire.

Notre profonde gratitude s'adresse

à notre promoteur M' IFRAH

pour son aide et ses encouragements.

Aussi nous remercions toute personne

ayant coopéré de près ou de loin

à la réalisation de ce projet, surtout

l'équipe SPE "Mustapha et Samir"

Ainsi que nos chers parents,

on ne pourra jamais vous remercier assez.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail

A

- Ma mère, ma mère, ma mère et mon père.

Dr CHERIF.D et Dir. CHERIF Ilyes

- Ma fiancée AIOUAZ.M

*- Mes Sœurs, frères, tantes et cousines; spéciale dédicace à ma cousine
"MARREF.W" et son époux.*

*- Mes enseignants du primaire jusqu'à l'université; spéciale dédicace à
Mr BOUZIANE.*

- Mon promoteur Mr IFRAH.

*- Mes amis et anciens camarades : LEKAAT A. , IDIRI Massinissa, TOUMIAT
R. , SALEM Ayoub, DJOUDI Youcef, SENHADJI Abderrahmane et
BOUDJEMAA Adhane.*

- Mustapha et Samir de la centrale thermique de Cap-Djinet (SPE).

CHERIF Abderrahim

DÉDICACES

*Je dédie
ce modeste travail*

A

- Ma famille qui m'a soutenu dans le bon et le mauvais.

- Mes enseignants.

- Notre cher promoteur Mr IFRAH R.

*- Toute personne de l'entreprise qui nous a aidé de près
ou de loin.*

CHOUA Athmane

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

1. Photo satellite du site de la centrale thermique de Cap-Djinet.....1
2. Positions des bacs de stockage dans la centrale.....5
 3. Plan de masse de la centrale thermique de Cap-Djinet.....6

CHAPITRE II : CALCUL DE LA RESERVE D'EAU ANTI-INCENDIE

1. photo de pompiers éteignant un feu.....7
2. Plan de la cuvette avec le rayon fictif12

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU BAC ANTI-INCENDIE

1. Les différentes parties de la capacité géométrique du réservoir 17
2. Phases du volume-trop plein basées sur le temps de réponse (API 2350 FigA-4).....20
3. Vue générale de la robe d'un réservoir.....27
4. Développement de la robe.....28
5. Coupe verticale au niveau de la robe30
6. Vue du fond du réservoir31
7. Schéma d'un quart du fond..... 32
8. Pose des tôles marginales.....33
9. Vue en coupe d'une partie du réservoir.....35
10. Vue de dessus de dispositif de tôle marginale.35
11. Coupe A-A sur le toit du réservoir.....38

CHAPITRE IV : ETUDE CLIMATIQUE

1. Schéma représentatif de γ [NV65 (fig R-III-10)].....43
2. Actions extérieures du vent sur un cylindre [NV65 (fig C-III-44)].....44
3. Résultats d'interpolation46
4. Actions intérieures au vent réservoir plein46
5. Actions intérieures au vent réservoir vide.....46

CHAPITRE V : CALCUL DE LA CHARPENTE DU TOIT

1. Vue en plan de la charpente51
2. Longueur de la génératrice du toit52
3. La surface supportée par l'entretoise.....52
4. Schéma de décomposition du Q55
5. Schéma du profilé UPN 80.....56
6. La surface supportée par le chevron58
7. Schéma du profilé IPE 240.....61
8. Schéma du poteau central64
9. Longueur du flambement d'un poteau bi-encasté.....66

CHAPITRE VI : STABILITE DU RESERVOIR

1. Positionnement de la poutre au vent concernée [API 650 (Fig 5.24)]69
2. Schéma de la cornière de rive70
3. Ancrage avec les tiges.....89
4. Ancrage avec les attaches89

CHAPITRE VII : GAMME DE FABRICATION

1. Machine de cintrage93
2. Vue en plan des tôles du fond préfabriquées.....94
3. Vue en plan des tôles de la robe préfabriquées...96
4. Vue en plan des tôles du toit préfabriquées....96
5. Chanfreinage en V.....97
6. Chanfreinage de la tôle marginale97
7. Chanfreinage des tôles de la première virole.....98
8. Chanfreinage des tôles de la deuxième virole98
9. Cintrage des tôles de la robe.....98

CHAPITRE VIII : ACCESSOIRES DU RESERVOIR

1. Les différents accessoires d'un réservoir à toit fixe.....99
2. Trou d'homme...100
3. Tubulure.....100
4. Escalier hélicoïdal.....101

CHAPITRE IX : SPECIFICATION DU PROCEDE DESOUDAGE

1. Dilatation dans une pièce libre104
2. Contraintes internes dans une pièce bridée...104
3. Soudage à l'arc à l'électrode enrobée106
4. Soudage à l'arc submergé.....107
5. Schéma du soudage des tôles centrales.....111

CHAPITRE X : ETUDE DIMENSIONNELLE DU RESEAU ANTI-INCENDIE

1. Electropompe anti-incendie126
2. Motopompe diesel anti-incendie126
3. Electropompes jockey anti-incendie 127
4. Vanne à opercule manuel..... 127
5. Vanne motorisée électrique.....127
6. Clapet anti-retour127
7. Couronne de refroidissement.....128
8. Pulvérisateur de refroidissement128
9. Poteau d'incendie (hydrant).....129
10. Mousse anti-incendie129
11. Logo de l'NFPA.....129
12. Unité de stockage et de dosage d'émulseur. 130
13. Déversoir à mousse131
14. Photo réelle de déversoir à mousse..... 131
15. Chambre à mousse132
16. Schéma de chambre à mousse.....132
17. Schéma simplifié du réseau anti-incendie...136
18. Schéma du principe du réseau anti-incendie136
19. Schéma du réseau anti-incendie de la centrale de Cap-Djinet.....137
20. Barrage de mousse [NFPA 11 fig.5.3(d)].....149
21. Chambre à mousse [NFPA 11 fig.A.5.3.5.2(A)].....149

CHAPITRE XI : PERTES DE CHARGE

1. Types des pertes de charge	166
-------------------------------------	-----

CHAPITRE XII : RESISTANCE DE LA TUYAUTERIE

1. Modélisation de la ligne d'aspiration	179
2. Ratio de la gravité + la pression de la ligne d'aspiration	179
3. Ratio maximal du vent de la ligne d'aspiration	180
4. Ratio du séisme de la ligne d'aspiration	180
5. Ratio de la température (+55°C) de la ligne d'aspiration	181
6. Ratio de la température (-5°C) de la ligne d'aspiration	181
7. Ratio maximal de la ligne d'aspiration	182
8. Déplacement dû à la gravité de la ligne d'aspiration	182
9. Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne d'aspiration	183
10. Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne d'aspiration	183
11. Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent) de la ligne d'aspiration	184
12. Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)] de la ligne d'aspiration	184
13. Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le séisme + le vent (suivant axe -X)] de la ligne d'aspiration	185
14. Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (55°C)] de la ligne d'aspiration	185
15. Modélisation de la ligne de refoulement	187
16. Ratio de la gravité + la pression de la ligne de refoulement	187
17. Ratio maximal du vent de la ligne de Refoulement	188
18. Ratio du séisme de la ligne de refoulement	185
19. Ratio de la température (+55°C) de la ligne de refoulement	189
20. Ratio de la température (-5°C) de la ligne de refoulement	189
21. Ratio maximal de la ligne de refoulement...	190
22. Déplacement dû à la gravité de la ligne de refoulement	190
23. Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne de refoulement	191
24. Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne de refoulement	191
25. Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent) de la ligne de refoulement	192
26. Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)] de la ligne de refoulement	192

27. Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne	
---	--

de refoulement	193
28. Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent (suivant axe -X)] de la ligne de refoulement	193
29. Dimensions de la lyre utilisée	195
30. Modélisation de la ligne de refoulement avec deux lyres	195
31. Dilatation thermique à la température 55°C de la ligne de refoulement avec deux lyres	196
32. Contraction thermique à la température (-5°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres	196

CHAPITRE XIII : SOUDAGE DE LA TUYAUTERIE PLUS CND

1. Chanfreinage de la tuyauterie	198
2. Types des défauts de soudure	201
3. Principe de CND	203
4. Calibre de mesure du cordon de soudure	204
5. Jauge de mesure du cordon de soudure	204
6. Caméra endoscopique	204
7. Etapes de contrôle par ressuage	205
8. Principe de contrôle radiographique	206
9. Défaut apparaisse dans un film radiographique	206
10. Fréquence des ultrasons	206
11. Principe de contrôle par ultrasons	207
12. Champ magnétique	208
13. Principe de contrôle par magnétoscopie	208

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I: PRESENTATION DU SUJET

1. Matériaux utilisés.....	4
----------------------------	---

CHAPITRE II : CALCUL DE LA RESERVE D'EAU ANTI-INCENDIE

1. Tableau spécifiant les bacs hydrocarbures de la centrale thermique.....	8
2. Tableau la catégorie du produit hydrocarbure stockés	9
3. Distance minimale entre les réservoirs....	9 et 10
4. Scénario le plus défavorable du calcul de la quantité d'eau nécessaire	12
5. Règles de calcul du débit d'eau réglementaire.	13
6. Résumé des résultats de calcul du débit Q1	14

CAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU BAC ANTI-INCENDIE

1. Résultats des dimensions du bac	22
2. Choix des matériaux	25
3. Matériaux des tôles et contraintes admissibles (API650 table 5.2.a)....	25
4. Composition chimique du A283 gr C.....	25
5. Résumé des résultats des épaisseurs....	30
6. Poids total des tôles du réservoir.....	39

CHAPITRE IV : ETUDE CLIMATIQUE

1. Résultats des interpolations linières....	45
--	----

CHAPITRE V : CALCUL DE LA CHARPENTE DU TOIT

1. Caractéristiques du matériau de construction.....	52
2. Caractéristiques de l'UPN 80....	56
3. Caractéristiques de l'IPE 240.....	62
4. La charge de la charpente....	64
5. Caractéristique du poteau central	66

CHAPITRE VI : STABILITE DU RESERVOIR

1. Quelques méthodes de fixation de la cornière de rive....	70
2. Résumé des valeurs de la hauteur transformée	72
3. Résumé des résultats des moments	76
4. Résumé des valeurs pour le calcul du M_{rw}	86
5. Résumé des valeurs pour la vérification des conditions	90

CHAPITRE VII : GAMME DE FABRICATION

1. Traçage et découpage des tôles du fond....	98
---	----

CHAPITRE IX : SPECIFICATION DU PROCEDE DESOUDAGE

1. Caractéristique du métal d'apport.....	111
2. Indices de soudabilité selon C_E et selon la nature des électrodes.....	112

3. Température de préchauffage selon la méthode de BWRA.....	113
4. Composition chimique du métal de base	114
5. Nécessité du préchauffage des tôles centrales.....	115
6. Résultats de préchauffage par la méthode de BWRA	115
7. Résultats de préchauffage par la méthode de SEFERIAN	117
8. Tableau récapitulatif de préchauffage par les deux méthodes.....	117
9. Tableaux récapitulatifs de soudage du fond..	118
10. Tableaux récapitulatifs de soudage des tôles marginales	119
11. Tableaux récapitulatifs de soudage du pied de la robe.....	120
12. Tableaux récapitulatifs de soudage vertical de la robe	121
13. Tableaux récapitulatifs de soudage des corniches de la robe	122
14. Tableaux récapitulatifs de soudage de la cornière de rive	123
15. Tableaux récapitulatifs de soudage du toit....	124

CHAPITRE X : ETUDE DIMENSIONNELLE DURESEAU ANTI-INCENDIE

1. Matériaux de la tuyauterie pour l'eau et pour la mousse selon NFPA 11.....	132
2. Caractéristique mécanique de l'acier A53 Gr B	132
3. Composition chimique de l'acier A53 Gr B en %	132
4. Désignation des accessoires de la tuyauterie..	132
5. Epaisseur standard des pipes A53 Grade B Schedule STD	134
6. Coefficients X et Y des zones.....	135
7. Résultats de la tuyauterie pour le côté d'aspiration	139
8. Résultats de la tuyauterie pour le côté de refoulement	142
9. Résultats des couronnes et ses colonnes montantes pour chaque bac.....	146
10. Résumé de nbre des pulvérisateurs pour tous les bacs	146
11. Débit minimal de la chambre à mousse pour un réservoir à toit fixe	147
12. Résumé des colonnes montantes des chambres à mousse et ses collecteurs d'alimentation pour tous les bacs.....	150
13. Nbr des chambres à mousse pour un réservoir à toit fixe	150
14. Distance maximale entre les chambres à mousse pour un réservoir à toit flottant [NFPA 11 (tab.5.3.5.3.1)]	151
15. Nbr et débit des chambres à mousse pour tous les bacs	151

16. Résumé des collecteurs entres les chambres à mousse pour tous les bacs.....	154
17. Débit minimal de déversoir de cuvette de rétention	155
18. Résumé des collecteurs d'alimentation des déversoirs pour toutes les cuvettes.....	157
19. Nbr et débit des déversoirs pour les trois 03 cuvettes	158
20. Nbr et débit des collecteurs des déversoirs pour les trois 03 cuvettes	160

CHAPITRE XI : PERTES DE CHARGE

1. Les coefficients de singularités ξ besoin pour le calcul	169
2. Coefficient ξ de singularités aspiration du tronçon 01	171
3. Tableau récapitulatif des pertes de charge linéaires et singulières pour le côté d'aspiration.....	172
4. Coefficient ξ de singularités refoulement du tronçon 01	174
5. Tableau récapitulatif des pertes de charge linéaires et singulières pour le côté de refoulement.....	175

CHAPITRE XII : RESISTANCE DE LA TUYAUTERIE

1. Tableau récapitulatif des ratios stress et des déplacements pour le cas le plus défavorable [la gravité + la pression+ la température (+55°C)]de la ligne d'aspiration	186
2. Tableau récapitulatif des ratios stress et des déplacements pour le cas le plus défavorable [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent suivant axe -X)] de la ligne de refoulement	194
3. Tableau comparatif des déplacements maximaux dû à la température maximale et minimale des deux lignes de refoulement sans lyres et avec lyres....	197

CHAPITRE XIII : SOUDAGE DE LA TUYAUTERIE PLUS CND

1. Composition chimique du matériau de la tuyauterie	199
2. Préchauffage de la tuyauterie.....	199
3. Caractéristique chimique et mécanique du métal d'apport de la tuyauterie.....	200
4. Caractéristique des passes de soudage.....	200
5. Tableaux récapitulatifs des défauts des soudures fameuses	202
6. Tableau comparatif des méthodes de CND ...	209

LISTE DES NOTATIONS

NOTATIONS	Désignation
b_{cuvette}	Longueur de la cuvette
a_{cuvette}	Largueur de la cuvette
S_{cuvette}	Surface de la cuvette
V_{cuvette}	Volume de la cuvette
H_{cuvette}	Hauteur des parois de la cuvette
R	Rayon du réservoir
R_f	Rayon fictif
Q	Débit d'eau incendie
Q_1	Débit d'eau de refroidissement
Q_2	Débit d'eau nécessaire pour la mousse
Q_a	Taux de refroidissement du réservoir en feu : 15 l/mn/mètre de circonférence.
Q_b	Taux de refroidissement des réservoirs rayonnés : 2 l/ mn/m² sur 1/4 de la surface des bac en refroidissement.
Q_{mousse}	Débit de la mousse
$V_{\text{eau anti-incendie}}$	Volume d'eau anti-incendie
V_m	Volume mort
V_{asp}	Vitesse d'aspiration
D_{ext}	Diamètre extérieur de collecteur principal d'aspiration
V_{tp}	Volume trop-plein
Q_r	Débit de remplissage
$C_{\text{géométrique}}$	Capacité géométrique
H'	Hauteur maximale du produit
H_{tp}	Hauteur du trop-plein
H_s	Hauteur de sécurité
C_{ev}	Pourcentage du carbone équivalent
t_d	L'épaisseur théorique
T_t	L'épaisseur hydrostatique
G	Densité du produit
S_d	Contrainte admissible théorique
S_t	Contrainte admissible hydrostatique
CA	Surépaisseur de corrosion
M_{totale}	Masse totale de la robe
P_r	Poids totale de la robe
K_s	Effet de site
K_m	Effet de masque
δ	Effet des dimensions
β	Amplification dynamique
ξ	Coefficient de réponse
τ	Coefficient de pulsation
θ	Coefficient global dépendant du type de construction dans notre cas = 1
Re	nombre de REYNOLDS
ν	Viscosité cinématique
C_e	Coefficient de pression
Q_n	La surcharge de la neige
μ	Coefficient de forme

S_k	La charge de neige sur le sol en fonction de l'altitude et de la zone
F_a	Coefficient d'accélération
P_p	Poids Propre
M_w	Moment de basculement dû au vent
M_{pi}	Moment dû à la pression intérieur = 0
M_{DL}	Moment dû au poids de la robe et de la structure supportée par la robe
M_{DLR}	Moment dû au poids du toit y compris accessoires
F_p	Coefficient de combinaison des pressions
M_F	Moment dû au poids du liquide
M_{wS}	Moment de reversement dû à la pression du vent vertical
V_{ref}	Vitesse de refoulement
H_h	Charge hydraulique en (Pa)
P_p	Poids Propre
M_w	Moment de basculement dû au vent
M_{pi}	Moment dû à la pression intérieur = 0
M_{DL}	Moment dû au poids de la robe et de la structure supportée par la robe
M_{DLR}	Moment dû au poids du toit y compris accessoires
F_p	Coefficient de combinaison des pressions
M_F	Moment dû au poids du liquide
M_{wS}	Moment de reversement dû à la pression du vent vertical
V_{ref}	Vitesse de refoulement
ρ	Masse volumique de l'eau : 1000 kg/m ³
g	Accélération de la pesanteur: 9,81 m/s ²
ΔP	Pertes de charge coté d'aspiration
ΔP_{ref}	Les pertes de charge totales pour le coté de refoulement
KN	Kilo Newton
N	Newton
MPa	Mégapascal
Pa	Pascal

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
RNV	Règlement Neige et Vent
NV	Neige et Vent
RPA	Règles Parasismiques Algériennes
ELU	Etat Limite Ultime
ELS	Etat Limite de Service
ARH	Autorité de Régulation des Hydrocarbures
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
WPS	Welding procedure specification
T.P	Température de Préchauffage
BWRA	British Welding Research Association
ASTM	Américain Society for testing and matériel
NFPA	National Fire Protection Association
ASMI	American Society of Mechanical Industry
HMT	Hauteur manométrique Totale
mce	Mètres de colonne d'eau
CND	Contrôle Non destructif
RT	Radiographie
UT	Ultrason
MT	Magnétoscopie

Sommaire

REMERCIEMENT

DEDICACES

DEDICACES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES NOTATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU SUJET	2
1 Présentation de la centrale thermique de Cap-Djinet:	2
2 But du projet:	2
3 Composition du réseau anti-incendie utilisé :.....	2
4 Spécifications et normes de référence:	3
5 Conditions de référence:	3
6 Matériaux utilisés :	4
 CHAPITRE II: CALCUL DE LA RESERVE D'EAU ANTI-INCENDIE	7
1 Introduction :.....	7
Pourquoi l'eau éteint le feu ?	7
2 Distribution des réservoirs dans la cuvette:	8
2.1 Classification des hydrocarbures :.....	8
2.2 Capacité utile de la cuvette de rétention :	9
3 Dimensionnement de la cuvette et le positionnement des réservoirs :	10
3.1 Cuvette 1 : contenant du GASOIL.....	10
3.1.1 Distance entre les réservoirs ($L_{\text{entre réservoirs}}$) :	10
3.1.2 Distance entre la cuvette et le réservoir (L') :	10
3.1.3 Longueur de la cuvette (b_{cuvette}):	10
3.1.4 Largueur de la cuvette (a_{cuvette}):	10
Surface cuvette :	10
3.1.5 Hauteur des parois de la cuvette:	11
3.1.6 Rayon fictif (Rayon de sécurité) :	11
4 Calcul du débit d'eau nécessaire :	12

4.1	Calcul dimensionnel du débit d'eau d'incendie :	13
4.1.1	Calcul de Q_1 :	13
4.1.2	Calcul de Q_2 :	14
5.	Calcul du volume d'eau anti-incendie :	16
5	Conclusion :	16
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU BAC ANTI-INCENDIE		17
1	Introduction :	17
2	Capacité géométrique du réservoir :	17
2.1	Calcul du volume mort V_m :	18
2.1.1	Calcul du diamètre extérieur du collecteur principal d'aspiration :	18
2.2	Calcul du volume trop-plein V_{tp} :	19
2.3	Calcul de la capacité géométrique du réservoir $C_{géométrique}$:	21
3	Résultat Géométrique :	21
4	Choix de type du réservoir :	22
5	Données de calcul :	23
6	Critères de choix des aciers en construction métallique	24
6.1	Choix de la nuance	24
6.2	Choix de la qualité	24
6.3	Composition chimique :	25
7	Soudabilité de l'acier A283 gr C :	26
8	Étude des tôles de la robe :	27
8.1	Introduction :	27
8.2	Calcul du nombre des viroles :	28
8.3	Nombre des tôles pour une virole :	28
8.4	Nombre des tôles pour la robe :	28
8.5	Calcul des épaisseurs des tôles :	28
8.5.1	Épaisseurs théoriques et hydrostatiques :	29
8.6	Calcul du poids total des tôles de la robe Pr :	30
9	Étude des tôles du fond :	31
9.1	Introduction :	31
9.2	Calcul des tôles marginales du fond:	32
9.2.1	Nombre des tôles centrales Nt :	32
9.2.2	Épaisseur des tôles centrales T_c :	32
9.2.3	Calcul du poids total des tôles centrales P_c :	33

9.3	Calcul des tôles marginales du fond :	33
9.3.1	Epaisseur des tôles marginales t_b :	33
9.3.2	La largeur des tôles marginales :	34
9.3.3	Nombre des tôles marginales N_m :	35
9.3.4	Masse des tôles :	36
9.4	Poids total du fond :	36
10	Étude des tôles du toit :	36
10.1	Introduction :	36
10.2	Epaisseur des tôles du toit t_t :	37
10.3	Pente du toit P_e :	37
10.4	Hauteur du toit h :	37
10.5	Nombre de tôles du toit :	37
10.6	Poids total des tôles du toit P_t :	38
11	Poids total des tôles du réservoir :	38
12	Conclusion:	39

CHAPITRE IV: ETUDE CLIMATIQUE 40

1	Introduction :	40
2	Données de calcul :	40
3	Effet du vent :	40
3.1	Pression dynamique normale et extrême qH :	40
3.1.1	Définition :	40
3.1.2	Pression dynamique extrême q_{10extr} :	40
3.1.3	Pression dynamique normal $q_{10normal}$:	41
3.2	Modification des pressions dynamiques de base :	41
3.2.1	Effet de la hauteur au-dessus du sol :	41
3.2.2	Effet de site K_s :	41
3.2.3	Effet de masque K_m :	42
3.2.4	Effet des dimensions δ :	42
3.2.5	Amplification dynamique β :	42
3.2.6	Coefficient global de trainée C_t :	43
3.3	Actions statiques exercées par le vent :	44
3.3.1	Actions extérieures :	44
3.3.2	Actions intérieures :	46
3.3.3	Actions résultantes ($c_e - c_i$) :	47

3.4	Calcul l'effet du vent Q_v :	49
4	Effet de la neige :	49
4.1	Données de calcul :	50
4.2	Calcul l'effet de la neige :	50
5	Conclusion :	50

CHAPITRE V : CALCUL DE LA CHARPENTE DU TOIT 51

1	Introduction :	51
2	Données de calcul :	51
3	Matériau de construction utilisé :	52
4	Calcul des entretoises :	52
4.1	Nombre des entretoises :	52
4.2	Calcul de la surface utilisé.....	52
4.3	Calcul des charges :	53
4.3.1	Charges permanentes G_p :	53
4.3.2	Surcharge du vent :	53
4.3.3	Surcharge de la neige :	53
4.3.4	Charge d'exploitation :	54
4.4	Combinaison des charges :	54
4.4.1	L'état limite ultime Q_u :	54
4.5	Dimensionnement du profilé avec la condition de la flèche à l'E.L.S:	55
4.6	Vérification de la résistance à la flexion biaxiale à l'E.L.U :	56
4.6.1	Calcul des moments fléchissant : (Poutre sans lierne, 2 appuis)	57
4.6.2	Calcul des moments de la résistance plastique :	57
5	Calcul des chevrons :	58
5.1	Nombre des chevrons :	58
5.2	Calcul de la surface sollicitée :	58
5.3	Calcul des charges :	58
5.3.1	Charges permanentes G_p :	58
5.3.2	Surcharge du vent:	59
5.3.3	Charge de neige:	59
5.3.4	Charge d'exploitation:	59
5.4	Combinaison des charges :	59
5.4.1	L'état limite ultime :	59
5.4.2	L'état limite du Service :	60

5.5	Dimensionnement du profilé avec la condition de la flèche à l'E.L.S	60
5.6	Vérification de la résistance à la flexion biaxiale (à l'E.L.U) :	61
5.6.1	Calcul des moments fléchissant : (poutre sans lierne, 2 appuis)	61
5.6.2	Calcul des moments de la résistance plastique :	61
6	Calcul du poteau central:	62
6.1	Introduction:	62
6.2	Données de calcul :	62
6.3	Calcul des charges :	63
6.3.1	Charge permanente G_p :	63
6.3.2	Surcharge du vent sur le toit :	63
6.3.3	Surcharge de la neige sur le toit :	63
6.3.4	Calcul de la force de la compression F :	64
6.4	Dimensionnement du poteau central avec la condition de la compression :	64
6.5	Vérification au flambement :	65
7	Conclusion :	68
CHAPITRE VI: STABILITE DU BAC		69
1	Introduction :	69
2	Calcul de la poutre au vent :	69
2.1	Poids de la cornière de rive :	70
2.2	Poids total du toit avec la cornière de rive :	70
3	Vérification de la nécessité d'une poutre au vent intermédiaire :	71
3.1	Calcul de la hauteur maximale non raidie :	71
3.2	Calcul de la hauteur transformée :	71
4	Stabilité du réservoir sous le vent :	72
4.1	Données de calcul :	72
4.2	Vérification de la première condition :	76
4.3	Vérification de la deuxième condition :	76
4.4	Vérification de la troisième condition :	76
5	Stabilité du bac sous les effets des forces de glissement (cisaillement) dues aux pressions du vent :	77
5.1	Calcul des forces du vent sur le bac :	77
5.2	Calcul des forces de frottement :	77
6	Stabilité du réservoir au séisme :	78
6.1	Données de calcul du site de l'ouvrage:	79

6.2	Calcul de J :	79
6.2.1	Calcul du M_{rw} :	79
6.2.2	Calcul du Wt :	85
6.2.3	Calcul du Wa :	85
6.2.4	Calcul du Wint :	86
6.3	Calcul de L :	86
6.4	Calcul du LS :	86
6.5	Calcul du σc :	87
6.6	Calcul du Fc :	87
7	Vérification des conditions :	88
7.1	Vérification de la première condition :	88
7.2	Vérification de la deuxième condition :	88
7.3	Vérification de la troisième condition :	88
7.4	Vérification de la quatrième condition :	89
8	Calcul d'ancrage :	89
8.1	Caractéristiques d'ancrage avec les tiges :	89
8.2	Dimensionnement des tiges d'ancrage :	90
9	Conclusion:	91

CHAPITRE VII: GAMME DE FABRICATION 92

1	Introduction :	92
2	Codes et règlements :	92
3	Procédure de fabrication :	92
3.1	Contrôle des plans et documents :	92
3.2	Traçage :	92
3.3	Préparation :	92
3.4	Fabrication :	92
3.4.1	Tôlerie :	92
4	Fabrication des tôles du réservoir :	94
4.1	Traçage et découpage :	94
4.2	Chanfreinage :	97
4.3	Cintrage :	98
5	Conclusion :	98

CHAPITRE VIII: ACCESSOIRES DU RESERVOIR 99

1	Introduction :	99
2	Description des accessoires :	99
2.1	Trou d'homme :	99
2.1.1	Sur la robe :	99
2.1.2	Sur le toit :	100
2.2	Tubulures :	100
2.2.1	Tubulure de la sortie :	100
2.3	Porte Visite :	101
2.4	Cuvette du fond :	101
2.5	Escalier hélicoïdal :	101
3	Conclusion :	102

CHAPITRE IX: SPECIFICATION DU PROCEDE DE SOUDAGE103

1	Introduction :	103
2	Précautions pour obtenir une bonne soudure :	103
2.1	Propreté :	103
2.2	Qualité du métal d'apport :	103
2.3	Conception conjointe :	103
2.4	Nombre de passes :	104
2.5	Précautions constructives :	104
3	Choix des procédés de soudage utilisés :	105
3.1	Soudage à l'arc à l'électrode enrobée (SMAW) :	105
3.2	Soudage à l'arc submergé (SAW) :	107
4	Choix du métal d'apport :	108
5	Calcul de la température du préchauffage (T_p) :	109
5.1	Méthode de BWRA (British Welding Research Association) :	109
5.1.1	Indice de sévérité thermique T.S.N :	109
5.1.2	Indice de soudabilité :	109
5.1.3	Diamètre des électrodes :	110
5.1.4	Vérification du préchauffage des soudures :	111
5.2	Méthode de SEFERIAN :	112
5.2.1	Carbone équivalent (C_{Es}) :	113
5.2.2	Carbone équivalent compensé ($C_{Es} \cdot C$) :	113
5.2.3	Température de préchauffage des pièces (TP) :	113
5.2.4	Vérification du préchauffage des soudures :	113

6	Résumé de spécification du procédé de soudage :.....	115
6.1	Joint de soudure du fond :.....	115
6.1.1	Tôles centrales :.....	115
6.1.2	Tôles marginales :.....	116
6.2	Soudage du pied de la robe :.....	117
6.3	Cordons verticaux des viroles :	118
6.4	Cordons horizontaux des viroles (Corniches) :	119
6.5	Joint de soudure de la cornière de rive :	120
6.6	Joint de soudure du toit :	121
7	Conclusion :	122
PARTIE B		123
CHAPITRE X : ETUDE DIMENSIONNELLE DU RESEAU ANTI-INCENDIE		123
1	Introduction :.....	123
2	Protection par eau :.....	123
2.1	Equipement et moyens nécessaires de protection par eau :.....	123
2.1.1	Un bac contient de la réserve d'eau :.....	123
2.1.2	Canalisation :.....	123
2.1.3	Moyens de pompage d'eau d'incendie :	124
2.1.4	Les vannes de sectionnement :	125
2.1.5	Les couronnes de refroidissement :	126
2.1.6	Les pulvérisateurs d'arrosage :	126
	Fig.X.8: Photos de pulvérisateur de refroidissement.....	126
2.1.7	Poteau anti-incendie (hydrant) :	127
3	Protection par mousse :	127
3.1	Définition de la norme NFPA 11 :	127
3.2	Equipements et moyens nécessaires de protection par mousse :.....	128
3.2.1	Ressource d'eau :	128
3.2.2	Besoin d'émulseur :	128
3.2.3	Unité de stockage et de dosage d'émulseur (USD) :	128
3.2.4	Les déversoirs à mousse :	129
3.2.5	Les chambres à mousse :	129
4	Choix de matériau de la canalisation :	129
4.1	Caractéristiques mécaniques de l'acier A53 Gr B :.....	130
4.2	Composition chimique de l'acier A53 Gr B :.....	130

4.3	Accessoires de la tuyauterie :	130
4.4	Vérification de la soudabilité de l'acier A53 Gr B :	131
5	L'épaisseur de la tuyauterie :	131
5.1	Choix de la zone approprié pour des coefficients X et Y :	132
6	Dimensionnement de la tuyauterie de réseau anti-incendie pour l'eau :	133
6.1	Donnés de calculs :	133
6.2	Pompes utilisées :	133
6.3	Coté aspiration :	135
6.3.1	Collecteur principal d'aspiration N°01 :	135
6.3.2	Vitesse d'écoulement d'eau de collecteur N°01 :	137
6.4	Coté refoulement :	138
6.4.1	Collecteur principale de refoulement :	138
6.5	½ Couronnes de refroidissement et ses colonnes montantes :	140
6.5.1	Réservoir N°01 :	140
6.6	Collecteurs d'alimentation des chambres à mousse et ses colonnes montantes :	145
6.6.1	Réservoir N°01, contenant gasoil, toit fixe :	145
6.7	Collecteurs entre les chambres à mousse :	148
6.7.1	Nbr des chambres à mousse pour un réservoir à toit fixe :	148
6.7.2	Nbr des chambres à mousse pour un réservoir à toit flottant :	149
6.7.3	Réservoir N°01, contenant gasoil, toit fixe :	150
6.8	Collecteurs d'alimentation des déversoirs :	153
6.8.1	Cuvette :	153
6.9	Collecteurs des déversoirs :	155
6.9.1	Nbr des déversoirs d'une cuvette de rétention :	155
7	Calcul du volume des USD (Vu) :	158
8	Conclusion :	158

CHAPITRE XI: PERTES DE CHARGE159

1	Introduction :	159
2	Les pertes de charge :	159
2.1	Pertes de charge linéaires :	160
2.1.1	Formules de calcul des pertes de charge linéaires :	160
2.2	Pertes de charge singulières :	161
2.2.1	Formules de calcul des pertes de charge singulières :	161
2.3	Pertes de charge totales ΔP :	162

3	Calcul des pertes de charge totales de côté aspiration ΔP_{asp} :.....	162
3.1	Calcul des pertes de charge du tronçon 01 ΔP_{asp1} :.....	163
3.1.1	Pertes de charge linéaires ΔP_{l1} :	163
3.1.2	Pertes de charge singulières ΔP_{s1} :.....	164
3.1.3	Pertes de charge totales du tronçon 01 ΔP_{asp1} :.....	164
4	Calcul des pertes de charge totales de côté refoulement ΔP_{ref} :.....	165
4.1	Calcul des pertes de charge du tronçon 01 ΔP_{ref1} :.....	166
4.1.1	Pertes de charge linéaires ΔP_{l2} :	166
4.1.2	Pertes de charge singulières ΔP_{s2} :.....	167
5	Calcul des pertes de charge totales $\Delta P_{totales}$:.....	168
6	Calcul du HMT de la pompe :.....	169
6.1	Calcul de la charge hydraulique :	169
7	Conclusion :	170

CHAPITRE XII: RESISTANCE DE LA TUYAUTERIE171

1	Introduction :.....	171
2	Utilisation du logiciel AUTOPIPE :.....	171
3	Données de calcul :	171
4	Analyse de la ligne d'aspiration :.....	172
4.1	Modélisation de la ligne d'aspiration :	172
4.2	Analyse des ratios stress de la ligne d'aspiration :	172
4.2.1	Ratio de la gravité + la pression de la ligne d'aspiration :.....	172
4.2.2	Ratio maximal du vent de la ligne d'aspiration :	173
4.2.3	Ratio du séisme de la ligne d'aspiration :	173
4.2.4	Ratio de la température (+55°C) de la ligne d'aspiration :.....	174
4.2.5	Ratio de la température (-5°C) de la ligne d'aspiration :.....	174
4.2.6	Ratio maximal de la ligne d'aspiration :.....	175
4.3	Analyse des déplacements de la ligne d'aspiration :	175
4.3.1	Déplacement dû à la gravité de la ligne d'aspiration :	175
4.3.2	Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne d'aspiration :	176
4.3.3	Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne d'aspiration	176
4.3.4	Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent) de la ligne d'aspiration :.....	177
4.3.5	Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)] de la ligne d'aspiration :.....	177

4.3.6	Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le séisme + le vent (suivant axe -X)] de la ligne d'aspiration :	178
4.3.7	Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne d'aspiration :	178
4.4	Interprétation des résultats de la ligne d'aspiration :	179
5	Analyse de la ligne de refoulement :	180
5.1	Modélisation de la ligne de refoulement :	180
5.2	Analyse des ratios stress de la ligne de refoulement :	180
5.2.1	Ratio de la gravité + la pression de la ligne de refoulement :	180
5.2.2	Ratio maximal du vent de la ligne de refoulement :	181
5.2.3	Ratio du séisme de la ligne de refoulement :	181
5.2.4	Ratio de la température (+55°C) de la ligne de refoulement :	182
5.2.5	Ratio de la température (-5°C) de la ligne de refoulement :	182
5.2.6	Ratio maximal de la ligne de refoulement :	183
5.3	Analyse des déplacements de la ligne de refoulement :	183
5.3.1	Déplacement dû à la gravité de la ligne de refoulement :	183
5.3.2	Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne de refoulement :	184
5.3.3	Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne de refoulement :	184
5.3.4	Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent) de la ligne de refoulement :	185
5.3.5	Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)] de la ligne de refoulement :	185
5.3.6	Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne de refoulement :	186
5.3.7	Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent (suivant axe -X)] de la ligne de refoulement :	186
5.4	Interprétation des résultats de la ligne de refoulement :	187
6	Ligne de refoulement avec lyres :	188
6.1	C'est quoi la lyre de dilatation :	188
6.2	Modélisation de la ligne de refoulement avec deux lyres :	188
6.3	Dilatation thermique à la température (+55°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres :	189
6.4	Contraction thermique à la température (-5°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres :	189
7	Conclusion :	190
CHAPITRE XIII: SOUDAGE DE LA TUYAUTERIE PLUS CND		191
1	Introduction :	191

2	Préparation de pipe avant le soudage :	191
3	Assemblage des tubes :	191
3.1	Clampage :	191
3.2	Préchauffage :	192
3.2.1	Température de préchauffage selon la méthode de SEFERIAN :	192
3.3	Détail de soudage des pipes :	193
3.4	Choix du métal d'apport :	193
3.5	Position de soudage :	193
3.6	Les passes de soudage :	193
4	Contrôle de la soudure :	194
4.1	Défauts de soudure recherchés :	194
4.2	Contrôle non destructif de soudage (CND) :	196
4.2.1	Définition de CND :	196
4.2.2	Principe de CND :	196
4.2.3	Les types du CND :	197
4.2.4	Contrôle visuel (VT) :	197
4.2.5	Contrôle par ressuage (PT) :	198
4.2.6	Contrôle par radiographie (RT) :	198
4.2.7	Contrôle par ultrason (UT) :	199
4.2.8	Contrôle par magnétoscopie (MT) :	201
5	Conclusion :	203
	CONCLUSION GENERALE	204
	BIBLIOGRAPHIE	205
	ANNEXES	207
	ANNEXE I	208
	ANNEXE II	210
	ANNEXE III	211
	ANNEXE IV	212

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les hydrocarbures (pétrole, gasoil, essence et gaz naturel) sont des liquides inflammatoires, qui provoquent souvent un feu ardent engendrant des dégâts humains, matériels et des impacts environnementaux. Les entreprises de cette industrie disposent, toujours, d'un système de sécurité prophylactique et protective, spécialement pour la lutte contre l'incendie le plus dévastateur pour assurer la sécurité du personnel, du matériel et de l'environnement.

Le réseau anti-incendie doit être alimenté par un réservoir ou un barrage de stockage d'eau incendie, permettant d'assurer une autonomie précisée par les normes spécialisées dans ce domaine. Ce bac ou barrage doit pouvoir être rempli à 100% de son volume, en un laps de vingt-quatre (24) heures maximum. La réserve d'eau sera stockée dans un réservoir, cylindrique vertical atmosphérique conçue conformément aux recommandations techniques de la norme américaine **API.650.Std.**

Le problème qui se pose est de savoir, comment doit on concevoir le bac de stockage d'eau et la tuyauterie anti-incendie ?

Ce projet sera subdivisé en deux parties et treize chapitres. La partie A portant sur l'étude du bac de stockage de la réserve d'eau anti-incendie contiendra les neuf premiers chapitres.

Le premier chapitre sera consacré à la présentation du sujet, suivi du calcul de la réserve d'eau anti-incendie en second chapitre, enfin le dimensionnement du bac anti-incendie fera l'objet du troisième chapitre.

Le quatrième, cinquième, sixième et le septième chapitre porteront respectivement sur l'étude climatique, le calcul de la charpente du toit, sur la stabilité du bac et sur la gamme de fabrication.

Le huitième et le neuvième chapitre traiteront des accessoires du réservoir et de la spécification du procédé de soudage.

La partie B portera sur l'étude de la tuyauterie du réseau anti-incendie et inclura les quatre derniers chapitres.

Le chapitre dix abordera l'étude dimensionnelle du réseau anti-incendie.

Quant aux derniers chapitres onze, douze et treize exposeront les pertes de charges, la résistance de la tuyauterie et enfin le soudage de la tuyauterie plus CND.

PARTIE A

ETUDE

DU

BAC DE STOCKAGE

DE

LA RESERVE D'EAU

ANTI-INCENDIE

CHAPITRE I
PRESENTATION
DU
SUJET

CHAPITRE I : PRESENTATION DU SUJET

1 Présentation de la centrale thermique de Cap-Djinet:

La centrale thermique de Cap Djinet (relevant de la Sonelgaz) est située au bord de la mer méditerranéenne dans la commune de Djinet, daïra de Bordj-Ménaiel, à l'Est de la wilaya de Boumerdes.

Elle est formée de trois turbines fonctionnant en cycle combiné (30% vapeur et 70 % gaz), dotée chacune d'une capacité de production de 400 MWT d'électricité/Heure, soit un total de 1113 MGT pour les trois. La première turbine est entrée en production en mai 2018, la 2^{ème} en mois d'octobre 2018 et la 3^{ème} mi 2019.

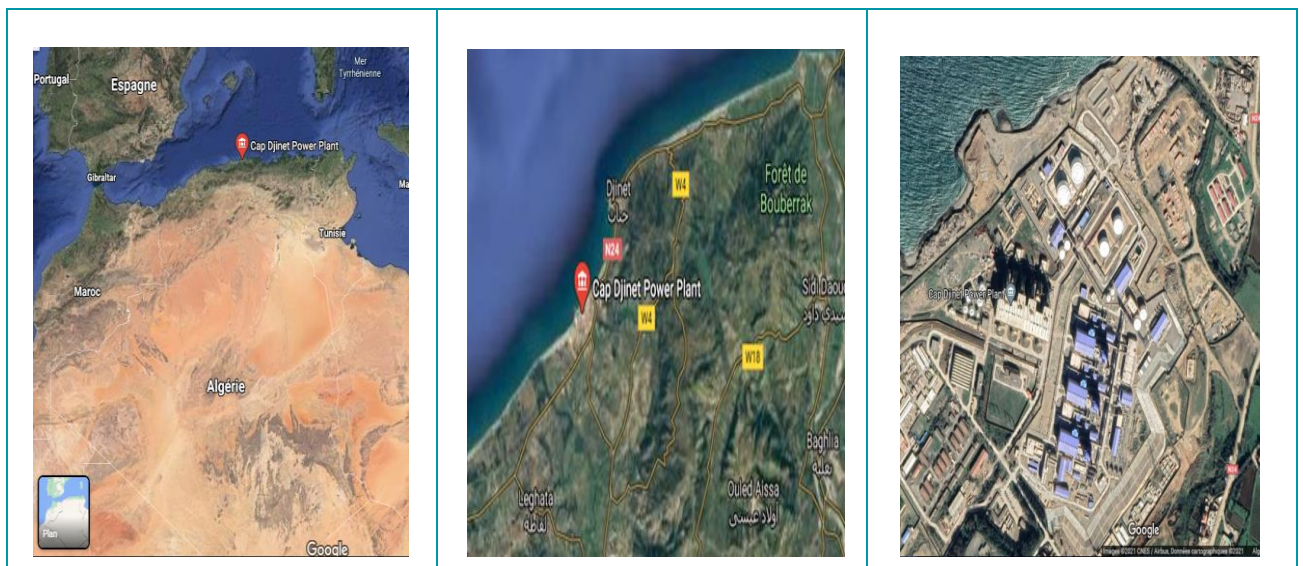


Fig.I.1 Photo satellite du site de la centrale thermique de Cap-Djinet

2 But du projet:

Notre mission consiste à élaborer une **étude globale d'un réseau anti-incendie** situé à la centrale thermique de Cap-Djinet, afin d'étouffer ou d'empêcher la propagation d'un incendie vandale ; en étudiant notamment le **réservoir anti-incendie** muni d'une branche de la **tuyauterie** correspondante.

3 Composition du réseau anti-incendie utilisé :

- Un bac de stockage de la réserve d'eau ;
- Une station de pompage ;
- Une boucle d'incendie ;

- Des poteaux d'incendie ;
- Bouche d'incendie;
- Des couronnes de refroidissement ;
- Des chambres à mousse ;
- Des déversoirs à mousse ;
- Des unités de stockage et de dosage d'émulseur;
- L'alimentation en eau;
- La tuyauterie d'alimentation principale;
- L'installation d'arrosage des bâches fuel;
- Systèmes d'arrosages en douche.

4 Spécifications et normes de référence:

- Règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides;
- Règles API 650 ;
- ASTM ;
- Code ASME Section IX WELDING AND BRAZING QUALIFICATIONS;
- RNV 65 VERSION 2000 ;
- RNV 1999 ;
- EUROCODE 3 ;
- RPA 99 VERSION 2003 ;
- NFPA 11 ;
- Règles générales ou cahier des charges des travaux.
- Plans d'exécution.
- Règles de la ARH.

5 Conditions de référence:

- Température ambiante : 35 °C
- Humidité relative : 76%
- Pression barométrique : 1.01
- La fréquence : 50 Hz

- Gaz Carburant – LHV: 43100.0 KJ/Kg
- Carburant liquide - LHV: 43100.0 KJ/Kg
- Facteur de puissance du générateur : Lagging 0.9
- Compenser de Cycle : 0%
- Eau de chaudière périodiquement purgée : 0%
(HRSG Blow Down)

6 Matériaux utilisés :

Tab.I.1: Matériaux utilisés

Elément	Robe	Fond	Toit	Charpente	Tubes et coudes	Brides	Tiges filetées	Profilés	Cornière de rive
Matériau	A 283 gr C	A 283 gr C	A 283 gr C	S 275	A 106 B	A 105	A 193- B7	S 235 JR	S 235 JR

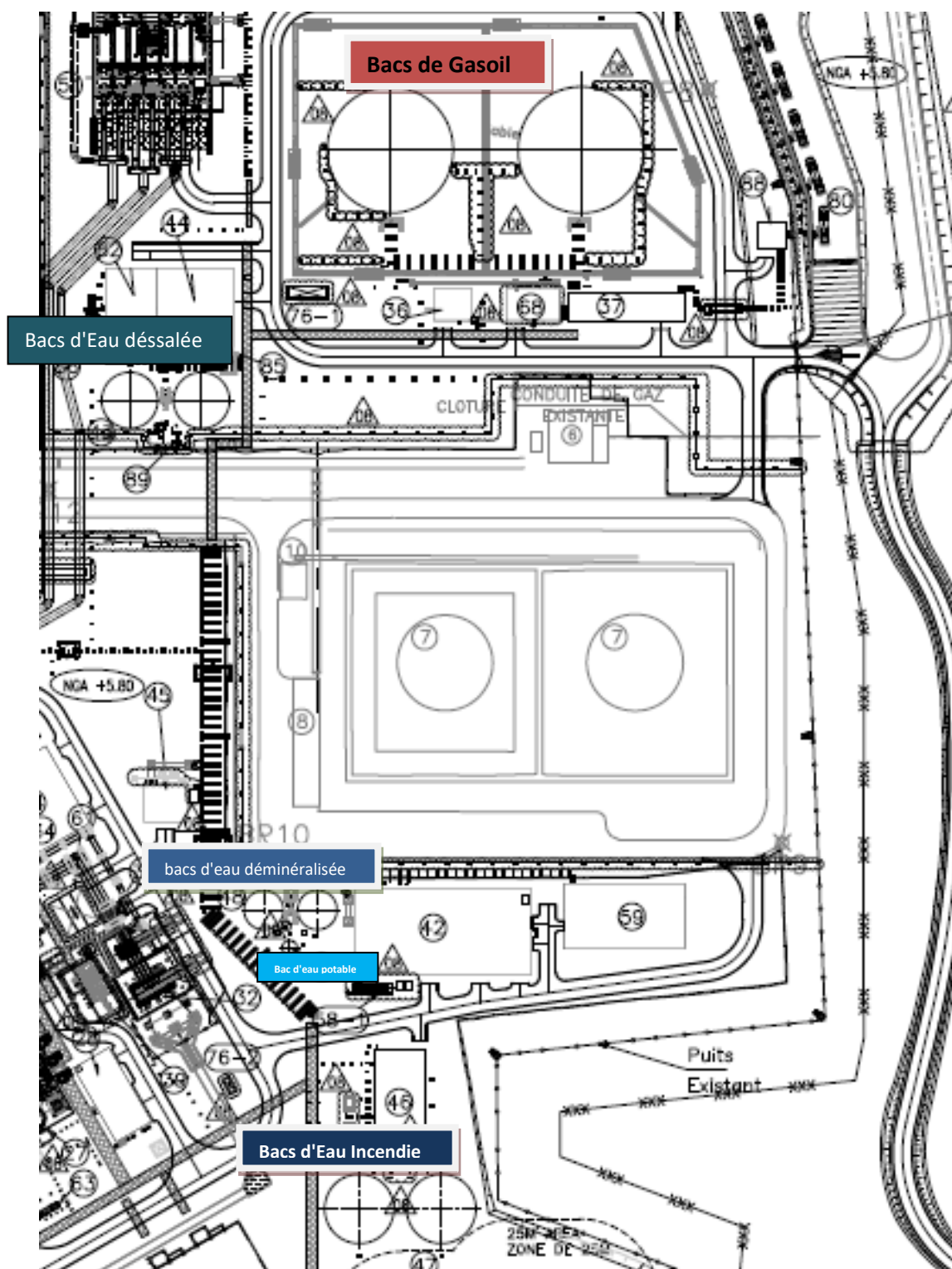


Fig.I.2 Positions des bacs de stockage dans la centrale

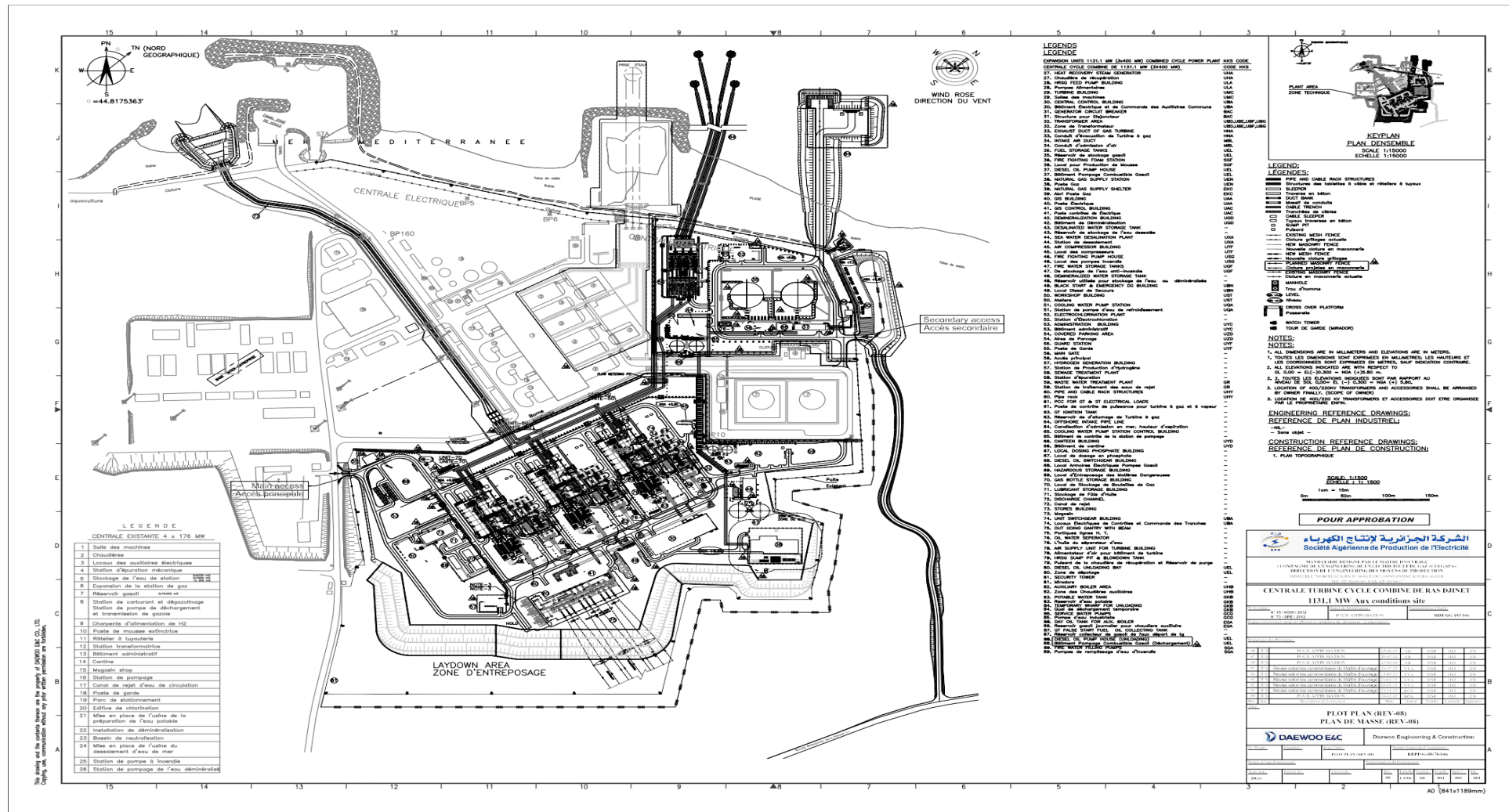


Fig.I.3. Plan de masse de la centrale thermique de Cap-Djinet

CHAPITRE II

CALCUL DE LA RESERVE D'EAU ANTI-INCENDIE

CHAPITRE II: CALCUL DE LA RESERVE D'EAU ANTI-INCENDIE

1 Introduction :

Pour lutter contre un incendie, on a besoin d'une quantité d'eau suffisante pour le plus gravescénario possible de feu, c'est le cas le plus défavorable. Dans ce chapitre on fera une étude de tous les cas possibles d'incendie et calculer le débit d'eau nécessaire afin de déterminer le volume de réserve d'eau anti-incendie utile.

Pourquoi l'eau éteint le feu ?



Fig.II.1. Photo de pompiers éteignant un feu

Parce qu'elle l'étouffe !

L'eau (H_2O) est l'agent d'extinction le plus utilisé contre l'incendie car les combustibles se combinent avec l'oxygène de l'air (qu'ils brûlent) et dégagent de la chaleur. Quand on verse de l'eau sur le feu, elle se transforme tout de suite en vapeur d'eau. Cette vapeur est un gaz, qui occupe plus d'espace que l'eau liquide. Ainsi, il repousse l'air autour de la flamme et donc l'oxygène, ce faisant étouffe le feu qui finit par s'éteindre.¹

La **mousse anti-incendie** est parfaitement adaptée à l'extinction des feux. Elle est composée d'une solution moussante (de l'eau et un émulseur à un certain ratio) mélangée à de l'air. L'utilisation d'une mousse anti-incendie empêche le contact entre le combustible et l'oxygène, ce qui permet d'éteindre le feu. La mousse présente également un effet refroidissant évitant la ré-inflammation du combustible.

¹ Texte : Dominique Galiana, Nicolas Guillas.

Tous les calculs dans ce chapitre seront faits suivant « *Les règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides de 1^{ère} et 2^{ème} classe* ».

2 Distribution des réservoirs dans la cuvette:

La centrale thermique de Cap-Djinet contient:

Tab.II.1: Tableau spécifiant les bacs hydrocarbures de la centrale thermique

Cuvette	Nombre de bacs	Position	Produit stocké	Diamètre (m)	Hauteur (m)	Capacité (m ³)	Capacité totale (m ³)
1	2	Droite	Gasoil	40	18620	20000	40000
		Gauche	Gasoil	40	18620	20000	

2.1 Classification des hydrocarbures :

D'après les règles d'aménagement article 101

Selon leur état physique, les hydrocarbures liquéfiés ou liquides sont classés en quatre catégories :

- ❖ Catégorie **A** — Hydrocarbures liquéfiés dont la pression (absolue) de vapeur à **15°C** est supérieure à 1 bar.
Ceux-ci sont répartis en deux sous-catégories :
 - Sous-catégorie **A₁** — Hydrocarbures maintenus liquéfiés à une température inférieure à **0°C** ;
 - Sous-catégorie **A₂** — Hydrocarbures liquéfiés dans d'autres conditions.
- ❖ Catégorie **B** — Hydrocarbures liquides dont le point d'éclair est inférieur à **55°C**.
- ❖ Catégorie **C** — Hydrocarbures liquides dont le point d'éclair est supérieur ou égal à **55°C** et inférieur à **100°C**.
Ceux-ci sont répartis en deux sous-catégories :
 - Sous-catégorie **C₁** — Hydrocarbures à une température égale ou supérieure à leur point d'éclair ;
 - Sous-catégorie **C₂** — Hydrocarbures à une température inférieure à leur point d'éclair.
- ❖ Catégorie **D** — Hydrocarbures liquides dont le point d'éclair est supérieur ou égal à **100°C**.
Ceux-ci sont répartis en deux sous-catégories :
 - Sous-catégorie **D₁** — Hydrocarbures à une température égale ou supérieure à leur point d'éclair ;
 - Sous-catégorie **D₂** — Hydrocarbures à une température inférieure à leur point d'éclair.

On conclut:

Tab.II.2 : Tableau précisant la catégorie du produit hydrocarbure stockés

Produit stocké	Point d'éclair	Catégorie
Gasoil	> 55°C	C2

2.2 Capacité utile de la cuvette de rétention :

Selon les règles d'aménagement article 312-111

Lorsque des réservoirs sont groupés dans une même cuvette la capacité utile de celle-ci doit être au moins égal à la plus grande des deux valeurs ci-après :

- 100% de la capacité du plus grand réservoir ;
- 50% de la capacité globale des réservoirs contenus.

Selon les règles d'aménagement article 10 de l'arrêté du 3 octobre 2010

La distance horizontale entre un nouveau réservoir et les autres réservoirs, situés dans la même rétention, mesurée de robe à robe (calorifuge non compris), respecte les distances minimales suivantes :

Tab.II.3 : Distance minimale entre les réservoirs

DIAMÈTRE DU RÉSERVOIR	CATÉGORIE DE LIQUIDE INFLAMMABLE au titre de la nomenclature	DISTANCE MINIMALE ENTRE LE RÉSERVOIR et un réservoir situé dans la même rétention
$D \leq 10 \text{ m}$	Toutes	1,5 m
$10 \text{ m} < D \leq 30 \text{ m}$	A, B, C1, D1	10 m ; cette distance peut être réduite sous réserve de la mise en place d'une des dispositions indiquées ci-dessous
	C2	7,5 m ; cette distance peut être réduite sous réserve de la mise en place d'une des dispositions indiquées ci-dessous
	D2	1,5 m
$30 \text{ m} < D \leq 40 \text{ m}$	A, B, C1, D1	D/3

	C2	D/4
	D2	1,5 m
D > 40 m	A, B, C1, D1	D/2
	C2	D/4
	D2	1,5 m

3 Dimensionnement de la cuvette et le positionnement des réservoirs :

3.1 Cuvette 1 : contenant du GASOIL

3.1.1 Distance entre les réservoirs ($L_{\text{entre réservoirs}}$) :

$$D = 40 \text{ m}$$

$$L_{\text{entre réservoirs}} = D/4 = 40/4 = 10$$

$$L_{\text{entre réservoirs}} = 10 \text{ m}$$

3.1.2 Distance entre la cuvette et le réservoir (L') :

La distance adoptée entre la cuvette et le réservoir (L') est:

$$\text{On prend : } L' = 5 \text{ m}$$

Donc :

3.1.3 Longueur de la cuvette (b_{cuvette}):

$$b_{\text{cuvette}} = D1 + D2 + 2 L' + L_{\text{entre réservoir}}$$

$$b_{\text{cuvette}} = 40 + 40 + 2 \times 5 + 10 = 100 \text{ m}$$

3.1.4 Largueur de la cuvette (a_{cuvette}):

$$a_{\text{cuvette}} = D + 2 L'$$

$$a_{\text{cuvette}} = 40 + 2 \times 5 = 50 \text{ m}$$

Surface cuvette :

$$S_{\text{cuvette}} = b_{\text{cuvette}} \times a_{\text{cuvette}}$$

$$S_{\text{cuvette}} = 100 \times 50 = 5000 \text{ m}^2$$

3.1.5 Hauteur des parois de la cuvette:

Selon les règles d'aménagement article 312.111

La capacité utile de la cuvette de rétention doit être au moins égal à la plus grande des deux valeurs ci-après :

- 100% de la capacité du plus grand réservoir : 20 000 m³
- 50% de la capacité globale des réservoirs : 20000 m³

donc : $V_{\text{cuvette}} = 20000 \text{ m}^3$

$$H_{\text{cuvette}} = \frac{V_{\text{cuvette}}}{S_{\text{cuvette}}} = \frac{20000}{5000} = 4 \text{ m}$$

3.1.6 Rayon fictif (Rayon de sécurité) :

Selon les règles d'aménagement article 606.1

Pour un réservoir de rayon (**R**) supposé en feu, le rayon fictif est égal à 2,5.R avec minimum de R+15m

- Réservoir 1:

$$R_{f1.1} = 2,5 \times R = 2,5 \times 20 = 50 \text{ m}$$

$$R_{f1.2} = R + 15 = 20 + 15 = 35 \text{ m}$$

Tels que :

R : Rayon réservoir 1, (D = 40 m).

R_f : Rayon fictif.

On prend le plus grand rayon fictif :

$$R_{f1.1} = 50 \text{ m}$$

- Réservoir 2:

$$R_{f2.1} = 2,5 \times R = 2,5 \times 20 = 50 \text{ m}$$

$$R_{f2.2} = R + 15 = 20 + 15 = 35 \text{ m}$$

Tels que :

R : Rayon réservoir 2, (D = 40 m).

R_f : Rayon fictif.

On prend le plus grand rayon fictif :

$$R_{f2.1} = 50 \text{ m}$$

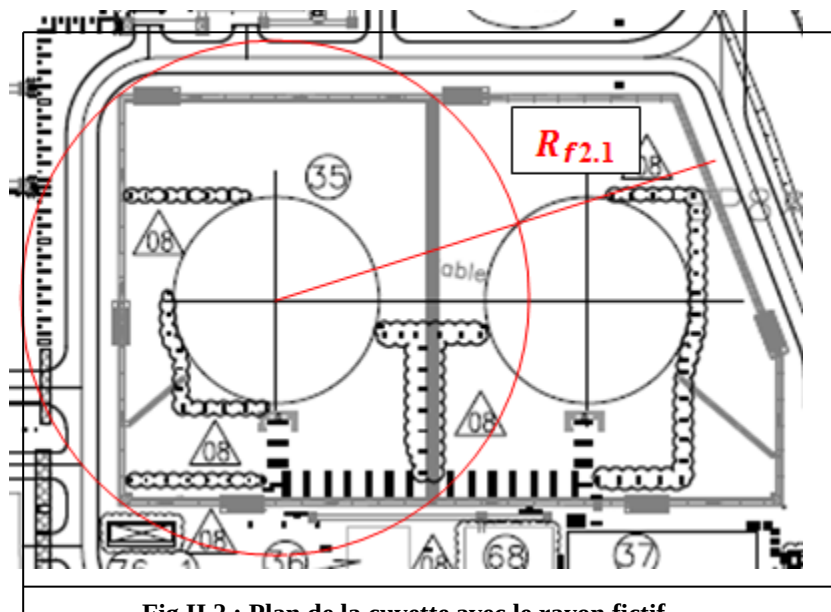


Fig.II.2 : Plan de la cuvette avec le rayon fictif

Donc la capacité des bacs exposés au feu est : $C = 40000 \text{ m}^3$

4 Calcul du débit d'eau nécessaire :

Tab.II.4 : Scénario le plus défavorable du calcul de la quantité d'eau nécessaire

Cuvette	Produit stocké	Nombre des bacs menacés	Nombre des bacs en feu	Nombre des bacs en refroidissement	Capacité totale
1	Gasoil	2	1 bac : 40 m de diamètre et 18,62 m de hauteur	1 bac : 40 m de diamètre et 18,62 m de hauteur	40000 m^3

D'après les règles d'aménagement article 606.1

Tab.II.5 : Règles de calcul du débit d'eau réglementaire

Pour le refroidissement	Pour la mousse
Q_1	Q_2
a) 15/litre/min/m de circonférence des bacs en feu. b) Débit sur le quart de la surface des bacs en refroidissement : ❖ Réservoir à toit flottant d'hydrocarbures de catégorie B, C ou D₁ : 1-capacité nominale < 7500m³ : 3 l/m²/mn 2-capacité nominale > 7500m³ : 2 l/m²/mn ❖ Autres types de réservoirs quelle que soit leur capacité nominale : 1-hydrocarbures de catégorie B : 5 l/m²/mn 2- hydrocarbures de catégorie C ou D₁ : 2 l/m²/mn	$Q_2 = 0,2 \times \text{Surface}$ (Couche de 20 cm d'épaisseur en 10 mn)
Q : est exprimé en mètre cubes par heure l/m² /mn = litres par mètre carré et par minute Surface exprimé en m²	

4.1 Calcul dimensionnel du débit d'eau d'incendie :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Q_1 : Débit d'eau de refroidissement.

Q_2 : Débit d'eau nécessaire pour la mousse.

4.1.1 Calcul de Q_1 :

$$Q_1 = Q_a + Q_b$$

Q_a : Taux de refroidissement du réservoir en feu : **15 l/mn/mètre** de circonférence.

Q_b : Taux de refroidissement des réservoirs rayonnés : **2 l/ mn/m²** sur **1/4** de la surface des bacs en refroidissement.

D'après les règles d'aménagement suivant l'article 606.2

Règles particulières applicables aux cuvettes de rétention ne contenant que des réservoirs de fuel-oils lourds.

Dans les cuvettes de rétention ne contenant que des réservoirs de fuel-oils lourds, le débit d'eau réglementaire correspond à celui nécessaire pour refroidir le plus gros réservoir à raison de 15 litres par minute et par mètre de circonférence sur ce réservoir

$$Q_a = 15 \times 2. \pi . R$$

$$Q_a = 15 \times 2. \pi . 20 = 1885 \text{ l/mn}$$

$$= 1885 \times 60 / 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_a \approx 114 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_b = 2 \times 2. \pi . R \times H \times 1/4$$

$$Q_b = 2 \times 2. \pi . 20 \times 18,62 \times 1/4$$

$$= 1170 \text{ l/min}$$

$$Q_b \approx 71 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$Q_1 = Q_a + Q_b$$

$$= 114 + 71$$

$$Q_1 = 185 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tab.II.6: Résumé des résultats de calcul du débit Q1

Débit	Réservoirs	Diamètre (m)	Rayon (m)	Circonférence	1/4 de surface latérale (m ²)	Q (l/mn)	Q (m ³ /h)
Q _a	1 bac en feu	40	20	125,66	/	1885	114
Q _b	1 bac en refroidissement	40	20	/	585	1170	71
							185

4.1.2 Calcul de Q₂ :

D'après les règles d'aménagement suivant l'article 606.1.

Les moyennes de production de la mousse (la mousse qui va protéger le bac en feu) doivent avoir un débit global permettant de couvrir la surface du toit du bac en feu par une hauteur de **0,2** mètre en **10** minutes maximum.

Donc le débit de la mousse par 10 min est :

$$Q_{\text{mousse}/10\text{mn}} = 0,2 \times S \quad \text{pendant 10 mn}$$

$$Q_{\text{mousse}/10\text{mn}} = 0,2 \times \pi \cdot R^2 = 0,2 \times \pi \cdot 20^2 = 251,33 \text{ m}^3/10\text{mn} \quad Q_{\text{mousse}/10\text{mn}} \approx 251,5 \text{ m}^3/10\text{mn}$$

Le débit de la mousse par heure est:

$$Q_{\text{mousse}/h} = 251,5 \times 6 = 1509 \text{ m}^3/h$$

Selon les règles d'aménagement article 603, le coefficient de bas foisonnement moyen du mélange est de 6 donc :

$$Q_{\text{eau} + \text{émulseur}} = \frac{Q_{\text{mousse}}}{6} = \frac{1509}{6} = 251,5 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{\text{eau} + \text{émulseur}} = \begin{cases} 97\% \text{ eau} = 243,9 \approx \mathbf{245} \text{ m}^3/h \\ 3\% \text{ émulseur} = 7,545 \text{ m}^3/h \end{cases}$$

Le débit d'eau nécessaire pour la production de la mousse égal à :

$$Q_2 = 245 \text{ m}^3/h$$

Donc :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = 185 + 245 = \mathbf{430 \text{ m}^3/h}$$

$$Q = \mathbf{430 \text{ m}^3/h}$$

5. Calcul du volume d'eau anti-incendie :

On calcule la réserve d'eau à partir *des règles d'aménagement l'article 602.11*

Tout dépôt hydrocarbure (catégorie **B**, **C**, ou **D₁**) qui ne dispose pas de ressources en eau capable de fournir le débit défini à l'article 606 de manière immédiate et continu doit être pourvu d'une réserve permettant d'assurer de débit seul ou en complément d'autre ressources permanentes au moins :

- **01** heure **30** minutes lorsque la capacité du dépôt est au moins ou égale à **10 000 m³** ;
- **03** heures lorsque la capacité du dépôt est supérieure à **10 000 m³** mais inférieure à **100 000 m³** ;
- **06** heures lorsque la capacité du dépôt est au plus ou égale à **100 000 m³**.

La centrale thermique de CAP-DJINET est de capacité totale de 40 000 m³

$$10\,000\text{m}^3 < 40\,000\text{m}^3 < 100\,000\text{m}^3$$

Alors :

$$V_{\text{eau anti-incendie}} = Q \times 3\text{ h} = 430 \times 3 = 1290\text{ m}^3$$

On prendra : $V_{\text{eau anti-incendie}} = 1300\text{ m}^3$

5 Conclusion :

Suite aux calculs effectués, une estimation d'un débit, conforme aux normes, de **430 m³/h** d'où une réserve d'eau anti-incendie équivaut à **1300 m³** serait requise, précautionneusement, pour la centrale thermique. Donc notre réservoir aura une capacité de **1300 m³**.

CHAPITRE III

DIMENSIONNEMENT DU BAC ANTI-INCENDIE

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU BAC ANTI-INCENDIE

1 Introduction :

Un réservoir doit fonctionner efficacement et être sans tracas à sa capacité de stockage maximale pour s'assurer que ces installations peuvent avoir leur capacité de production maximale attendue.

La perte soudaine et inattendue de la capacité de stockage due à des accidents nuira gravement à la capacité de production de ces installations et entraînera des pertes financières importantes. Par conséquent, il est nécessaire de mener une étude très minutieuse pour assurer la fiabilité de son fonctionnement.

2 Capacité géométrique du réservoir :

La capacité géométrique d'un réservoir cylindrique se compose de quatre parties :

- **Le volume net** : Obtenu dans le chapitre précédent $V_{\text{eau-utile}} = 1300 \text{ m}^3$;
- **Le volume mort** : C'est le volume qui ne peut être évacué sans pompage, il se situe en dessous du volume utile, entre le fond du réservoir et la génératrice supérieure de tubulure;
- **Le volume trop plein** : Volume d'eau entrant en excès dans un réservoir et devant être évacué. Il est au dessus du volume utile;
-
- **Le volume de sécurité** : il est entre la fente de débordement et le toit du réservoir.

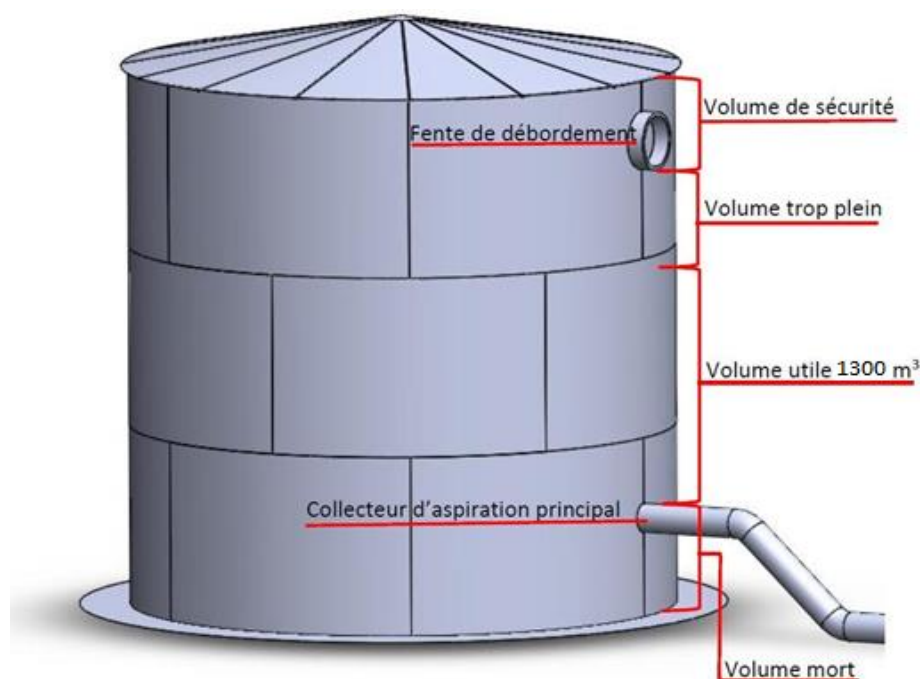


Fig.III.1 : Les différentes parties de la capacité géométrique du réservoir

2.1 Calcul du volume mort V_m :

On pose un diamètre de réservoir $D = 15m$

$$V_m = S \times h_1$$

Tels que :

S : surface du fond de bac ;

h_1 : la hauteur de génératrice supérieure de tubulure.

Remarque 1 : On calcule le diamètre de tubulure principale d'aspiration pour déterminer h_1 .

2.1.1 Calcul du diamètre extérieur du collecteur principal d'aspiration :

$$\text{On a : } S_c = \frac{Q}{V_{asp}} = \frac{\pi \times D_{ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_c : La surface extérieure de collecteur principal d'aspiration ;
- Q : Le débit d'aspiration principal = 430 m³/h ;
- V_{asp} : La vitesse d'aspiration 0,8 m/s < V_{asp} < 1,5 m/s ;

On prend : $V_{asp} = 1,2$ m/s ;

- D_{ext} : Diamètre extérieur de collecteur principal d'aspiration.

▪ **Donc :**

$$D_{ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q}{V_{asp}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{asp}}}$$

$$D_{ext} = \sqrt{\frac{4 \times 430}{\pi \times (1,2 \times 3600)}} = 0,356 \text{ m} \approx 14''$$

$D_{ext} = 14''$

Suivant API 650 (tab 5.6a) :

Pour un pipe de diamètre 14'' la distance minimale entre le fond du réservoir et le centre de la tubulure est de 481 mm.

Alors :

$$h_1 = 481 + \frac{D_{ext}}{2}$$

$$h_1 = 481 + \frac{356}{2} = 659 \approx 0,66 \text{ m}$$

Donc :

$$S = \pi \cdot R^2$$

$$S = \pi \cdot 7,5^2 = 176,71 \text{ m}^2$$

$$V_m = S \times h_1$$

$$V_m = 176,71 \times 0,66 = 116,63 \text{ m}^3$$

On adopte $V_m = 117 \text{ m}^3$

Tels que :

- S: Surface du bac;
- V_m : Volume mort;
- R: Rayon du bac = 7,5m ;
- $h_1 = 0,66 \text{ m}$

2.2 Calcul du volume trop-plein V_{tp} :

Suivant API 2350 (b.3.1.2) :

Le niveau de remplissage de sécurité est un niveau qui laisse le temps de prendre des mesures appropriées, pour que le flux soit complètement arrêté ou détourné, avant que le niveau du produit, dans le réservoir, atteigne le niveau de débordement établi. Ce temps dépend de la taille du réservoir, des pratiques des exploitants, des transporteurs, du temps d'intervention prévu et du temps nécessaire pour l'arrêt ou le détournement (manuel ou automatique).

Par exemple, si cela prend 10 minutes pour arrêter efficacement le produit de réception, la capacité de remplissage du réservoir est déterminée en réglant le niveau de remplissage de sécurité au moins à 10 minutes en dessous du niveau de débordement.

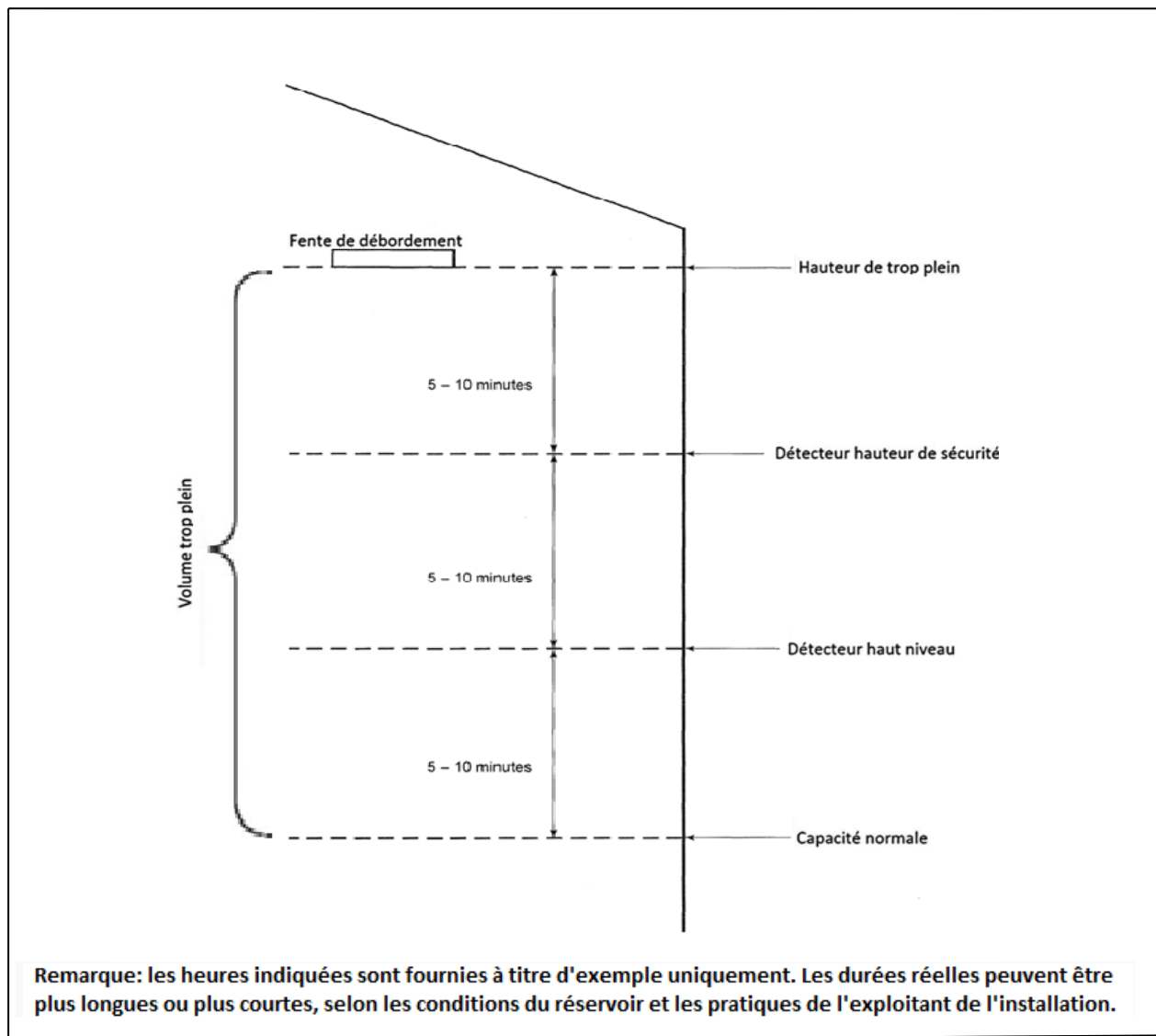


Fig.III.2 : Phases du volume trop-plein basés sur le temps de réponse(API 2350 Fig A-4)

On prend : temps de réponse total $T_r = 15 \text{ mn}$

Donc :

$$V_{tp} = Q_r \times T_r = 430 \times 15/60 = 107,5 \text{ m}$$

$$V_{tp} = 107,5 \text{ m}$$

Tels que :

- V_{tp} : Volume trop-plein ;
- Q_r : $= 430 \text{ m}^3/\text{h}$, (On prend : Le débit de remplissage = le débit d'aspiration).

2.3 Calcul de la capacité géométrique du réservoir $C_{\text{géométrique}}$:

$$C = V_{\text{eau-utile}} + V_m + V_{tp}$$

$$C = 1300 + 117 + 107,5 = 1524,5 \text{ m}^3$$

On ajoute 75,5 m³ comme volume de sécurité

Donc :

$$C_{\text{géométrique}} = 1524,5 + 75,5 = 1600 \text{ m}^3$$

$C_{\text{géométrique}} = 1600 \text{ m}^3$

3 Résultat Géométrique :

- Hauteur du réservoir:

$$H = \frac{C_{\text{géométrique}}}{S} = \frac{1600}{176,71} = 9054 \text{ mm}$$

On adopte:

$H = 9000 \text{ mm}$

Tels que :

- $C_{\text{géométrique}}$: Capacité géométrique de réservoir = 1600 m³ ;
- S : Surface de réservoir = 176,71 m²

- Hauteur maximale du produit:

$$H' = \frac{C}{S}$$

$$H' = \frac{1524,5}{176,71} = 8627 \text{ mm}$$

On adopte

$H' = 8650 \text{ mm}$

- Hauteur du trop-plein:

$$H_{tp} = \frac{v_{tp}}{S}$$

$$H_{tp} = \frac{107,5}{176,71} = 608 \text{ mm}$$

$H_{tp} = 610 \text{ mm}$

- **Hauteur de sécurité:**

$$H_s = H - H'$$

$$H_s = 9060 - 8650 = 410 \text{ mm}$$

$$H_s = 410 \text{ mm}$$

Tab.III.1 : Résultats des dimensions du bac

Élément	Dimension
Diamètre	15 000 mm
Hauteur du réservoir	9 000 mm
Hauteur maximale du produit	8 650 mm
Hauteur du trop-plein	608 mm
Hauteur de sécurité	410 mm
Capacité nette	1 300 m ³
Capacité maximale du produit	1 524,5 m ³
Capacité géométrique	1 600 m ³

4 Choix de type du réservoir :

Le type et la nature du produit à stocker sont les critères les plus importants dans le choix du type de réservoir à utiliser : toit fixe, toit flottant ou toit fixe avec couverture flottante interne. Pour l'eau on choisit un réservoir cylindrique à toit fixe conique qui est généralement utilisé dans les raffineries et les terminaux de stockage où le produit stocké ne se vaporise pas facilement dans les conditions de température ambiante. Les réservoirs à toit fixe peuvent être conçus pour être stockés à la pression atmosphérique et la température 50°C à l'ombre.

On considère l'eau comme un produit non volatile, de faible pression de vaporisation destiné à être utilisé sous pression atmosphérique et température ambiante.

5 Données de calcul :

Type de réservoir —————	: Réservoir à toit fixe
Pente du toit —————	: $P_e = 10\%$
Capacité nominale du réservoir —	: $C_n = 1600 \text{ m}^3$
Diamètre nominal du réservoir —	: $D = 15\,000 \text{ mm}$
Format des tôles utilisées —————	: $6280 \times 1800 \times e$
Le périmètre de la robe —————	: $P_r = \pi \times D = \pi \times 15\,000 = 47\,124 \text{ mm}$
Hauteur de la robe —————	: $9\,000 \text{ mm}$
Pression extérieure de calcul ———	: Atmosphérique
Température —————	: -5°C à $+55^\circ\text{C}$
Vent —————	: Zone I ; $V_{\text{réf}} = 25 \text{ m/s} = 90 \text{ km/h}$; $V_{\text{max}} = 160 \text{ km/h}$
Classification sismique —————	: Zone III
Neige —————	: Zone B
Surcharge d'exploitation ———	: 100 kg/m^2
Masse volumique de l'acier ———	: 7850 kg/m^3
Code utilisé —————	▪ API 650 STD 2013
Norme utilisé —————	▪ RNV 65 version 2000
	▪ ASTM (Américain Society for testing and matériel)
	▪ ASME (American society of mechanical Engineers)
Surépaisseurs de corrosion ———	▪ Fond : 3 mm ;
	▪ Robe : 3 mm pour la 1 ^{ère} virole et 1 mm pour les autres ;
	▪ Toit : 1 mm .

6 Critères de choix des aciers en construction métallique

6.1 Choix de la nuance

Il s'agit essentiellement, à travers ce choix, de fixer le niveau de la limite d'élasticité, appelée à servir de référence dans la conduite des calculs de dimensionnement. Le plus souvent, on recherche le niveau le plus élevé possible puisque la réduction de poids qui en résulte permet :

- une économie directe sur le coût de matière;
- une mise en œuvre plus aisée en atelier;
- une amélioration des conditions de transport et de montage.

6.2 Choix de la qualité

Pour une structure donnée, le choix d'une qualité d'acier doit faire intervenir différents paramètres qui ne peuvent tous s'exprimer par une simple donnée chiffrée:

- la température minimale de service de l'ouvrage;
- l'épaisseur maximale des pièces constitutives de la structure;
- la nuance d'acier prévue;
- le niveau des contraintes de traction subies par la structure;
- la nature des sollicitations du point de vue de leur vitesse d'application;
- la rigidité globale de la structure et son dessin vis-à-vis des effets d'entaille géométrique et des contraintes résiduelles;
- les transformations éventuelles des produits avant incorporation dans la construction (écrouissage-échauffement).

Les facteurs qui contrôlent le choix des matériaux :

- La capacité du matériau de subir sans détérioration notable, les sollicitations de service.
- La fiabilité de mise en œuvre.
- La disponibilité sur le marché et le coût.
- Le respect des exigences réglementaires et de maître d'ouvrage.
- Épaisseur des tôles et température théorique du métal.
- Choisir un acier qui présente une bonne dureté et une bonne soudabilité.

Les matériaux utilisés dans la construction de ce type de réservoir doivent satisfaire aux normes spécifiées par l'ASTM.

Ils peuvent être utilisés que s'ils subissent avec succès les essais tels que :

- L'analyse de vérification de la composition chimique.
- Les essais de caractéristiques mécaniques.

A partir de ces critères et à l'aide du code API STD 650 et la norme américaine ASTM on choisit :

Tab.III.2 : Choix des matériaux

Élément	Matériau
Fond (Centrale et marginale)	A283 gr C
Robe	A283 gr C
Toit	A283 gr C

A283 gr C : Tôle en acier au carbone, à faible et moyenne résistance à la traction. Epaisseur maximale *selon* API650 est de **25 mm**

Stipulées par la Norme API STD650 et selon le code américain ASTM, ces nuances sont présentées dans le tableau suivant :

Tab.III.3 : Matériaux des tôles et contraintes admissibles (API650 table 5.2.a)

Désignation de l'élément	Matériau utilisé	Limite Elastique σ_e (Mpa)	Résistance Traction σ_r (MPa)	Effort Théorique (s_d) (MPa)	Effort d'essai Hydrostatique (S_t) (MPa)
Tôle de fond	Acier A283 gr C	205	380	137	154
Tôle de robe	Acier A283 gr C	205	380	137	154
Tôles de toit	Acier A283 gr C	205	380	137	154

6.3 Composition chimique :

Les caractéristiques chimiques de matériau A 283 gr C, suivant la norme ASTM sont :

Tab.III.4 : Composition chimique du A283 gr C

Elément chimique	C _{max}	Mn _{max}	Si _{max}	P _{max}	S _{max}	Cu _{max}
A 283 grC (%)	0,24	0,90	0,40	0,035	0,04	0,2

D'une manière générale, l'augmentation de la teneur en carbone a pour résultats:

- le relèvement de la dureté;
- l'accroissement de la résistance à la traction (gain de 70 MPa environ pour 0,1 % de carbone supplémentaire);
- l'élévation de la sensibilité à la trempe;
- la dégradation de la soudabilité.

Sur ce dernier aspect, l'importance du rôle du carbone conduit à privilégier sa teneur dans l'analyse de la soudabilité des aciers. Pour prendre en compte la présence d'autres constituants chimiques ayant comme lui un rôle négatif, on utilise couramment un indice global, appelé carbone équivalent (CEV), correspondant à une somme pondérée des différentes teneurs en cause, suivant la formule:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Tels que :

- C_E : Pourcentage de carbone équivalent ;
- Si $C_E < 0,45$ bonne soudabilité ;
- Si $0,45 < C_E < 0,6$ nécessite un Préchauffage ;
- Si $C_E > 0,6$ problème très particulier.

7 Soudabilité de l'acier A283 gr C :

A 283 peut être facilement soudé, en utilisant les bonnes techniques d'atelier ou de chantier selon toutes les méthodes habituelles: soudure à l'arc métallique sous gaz protecteur, à l'arc submergé, à l'arc métallique au gaz et par résistance, avec les températures de réchauffement suggérées.

Acier sensible à la trempe, sa soudabilité fait intervenir la notion du carbone équivalent.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

$$CEV = 0,24 + \frac{0,9}{6} + \frac{0,2}{15}$$

$$CEV = 0,40 < 0,45$$

$$C_E < 0,45$$

Alors : Le matériau **A283 gr C** a une bonne soudabilité.

8 Étude des tôles de la robe :

8.1 Introduction :

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



Fig III.3: Vue générale de la robe d'un réservoir

D'après API 650 (5.4.1) : La largeur minimale de toutes les tôles ne pas être inférieure à 1800 mm, on utilise des tôles de forme (6280.1800.e) soudées en bout à bout avec décalage de $(1/3)$ de la longueur de la tôle.

L'épaisseur minimale de chaque viroles est calculée à partir de formules simples définies par les codes de construction (API650). Sa valeur dépend des dimensions de la cuve, de masse volumique du produit stocké, des caractéristique mécanique des aciers employés, des coefficients de sécurité imposés par le code, de la température d'étude et de la surépaisseur de corrosion retenue.

L'épaisseur maximale autorisée par la plupart des codes de construction est limitée à 45mm. Par ailleurs pour des raisons de construction, ces codes précisent également une épaisseur minimale de robe comprise entre 5 et 10 mm suivant le diamètre du réservoir.

La liaison de la robe sur le fond ou sa bordure s'effectue par une double soudure d'angle. Cet assemblage est très sollicité par la pression hydrostatique et les mouvements de rotation de la robe qui en découlent. Il doit donc être considéré comme un détail important de la construction.

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

8.2 Calcul du nombre des viroles :

$$n_{\text{viroles}} = \frac{H_{\text{robe}}}{H_{\text{virole}}}$$

$$n_{\text{viroles}} = \frac{9}{1,8} = 5$$

$$n_{\text{viroles}} = 5 \text{ viroles}$$

8.3 Nombre des tôles pour une virole :

$$N_{\text{tôle par virole}} = \frac{\text{perimètre}}{\text{Longueur de la plaque}} = \frac{\pi \times D}{6,28}$$

$$N_{\text{tôle par virole}} = \frac{\pi \times 15}{6,28} = 7,5 \text{ tôles/virole}$$

$$N_{\text{tv}} = 7,5 \text{ tôles}$$

8.4 Nombre des tôles pour la robe :

$$N = n_{\text{viroles}} \times N_{\text{tôles par virole}} = 5 \times 7,5 = 37,5 \text{ tôles}$$

$$N = 37,5 \text{ tôles}$$

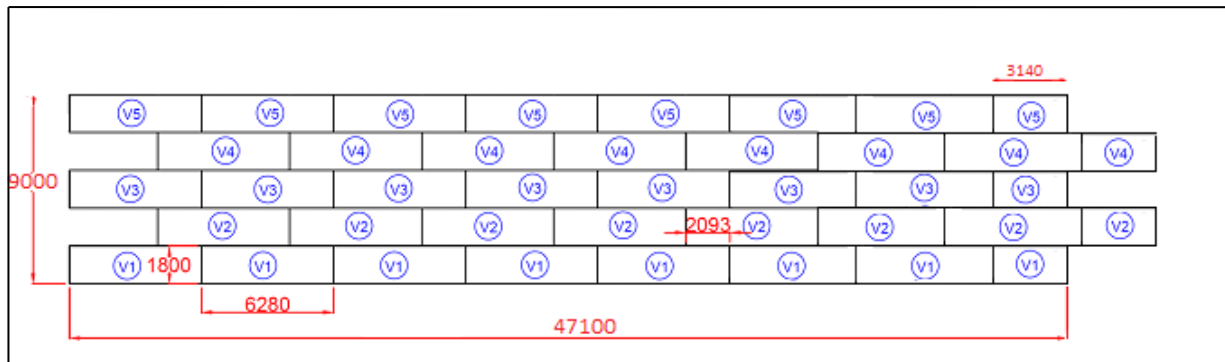


Fig III.4: Développement de la robe

8.5 Calcul des épaisseurs des tôles :

Selon API650 (3.6.3.2) :

L'épaisseur minimale requise des tôles de la robe doit correspondre à la valeur la plus élevée des valeurs calculées par ces deux formules :

➤ Epaisseur théorique :

$$t_d = \frac{4,9 D(H-0,3)G}{s_d} + CA$$

➤ Epaisseur hydrostatique:

$$t_t = \frac{4,9 D(H - 0,3)}{s_t}$$

Avec :

- t_d : L'épaisseur théorique en (mm) ;
- t_t : L'épaisseur hydrostatique en (mm) ;
- D : Diamètre intérieur = 15 m ;
- H : Hauteur du niveau de remplissage pour chaque virole en (m) ;
- G : Densité du produit = 1 ;
- S_d : Contrainte admissible théorique 137 MPA pour A 283 gr C ;
- S_t : Contrainte admissible hydrostatique 154 MPA pour A 283 gr C ;
- CA : Surépaisseur de corrosion.

8.5.1 Epaisseurs théoriques et hydrostatiques :

1 ^{ère} Virole :	$t_{d1} = \frac{4,9 \times 15 (9-0,3) \times 1}{137} + 3$	$t_{d1} = 7,67 \text{ mm}$
	$t_{t1} = \frac{4,9 \times 15 (9-0,3)}{154}$	$t_{t1} = 4,15 \text{ mm}$
2 ^{ème} Virole :	$t_{d2} = \frac{4,9 \times 15 (7,2-0,3) \times 1}{137} + 1$	$t_{d2} = 4,70 \text{ mm}$
	$t_{t2} = \frac{4,9 \times 15 (7,2-0,3)}{154}$	$t_{t2} = 3,29 \text{ mm}$
3 ^{ème} Virole :	$t_{d3} = \frac{4,9 \times 15 (5,4-0,3) \times 1}{137} + 1$	$t_{d3} = 3,74 \text{ mm}$
	$t_{t3} = \frac{4,9 \times 15 (5,4-0,3)}{154}$	$t_{t3} = 2,43 \text{ mm}$
4 ^{ème} Virole :	$t_{d4} = \frac{4,9 \times 15 (3,6-0,3) \times 1}{137} + 1$	$t_{d4} = 2,77 \text{ mm}$
	$t_{t4} = \frac{4,9 \times 15 (3,6-0,3)}{154}$	$t_{t4} = 1,57 \text{ mm}$
5 ^{ème} Virole :	$t_{d5} = \frac{4,9 \times 15 (1,8-0,3) \times 1}{137} + 1$	$t_{d5} = 1,80 \text{ mm}$
	$t_{t5} = \frac{4,9 \times 15 (1,8-0,3)}{154}$	$t_{t5} = 0,72 \text{ mm}$

D'après l'API 650 (5.6.1.1) : Les réservoirs de diamètre inférieur ou égale à 15 mètres ($D \leq 15\text{m}$) doivent avoir une épaisseur de tôles supérieure ou égale à 5 mm.

Remarque 2 : Si le diamètre est supérieur à 3,2 m, l'épaisseur nominale de la robe, la plus basse, ne doit pas être inférieure à 6 mm.

Alors :

Tab.III.5 : Résumé des résultats des épaisseurs

N° de virole	Hauteur (m)	Épaisseur théorique (mm)	Épaisseur hydrostatique (mm)	Épaisseur adoptée (mm)	Matériau utilisé
V1	09	7,67	4,15	8	A 283 gr C
V2	7,2	4,7	3,29	6	A 283 gr C
V3	5,4	3,74	2,43	6	A 283 gr C
V4	3,6	2,77	1,57	6	A 283 gr C
V5	1,8	1,8	0,72	6	A 283 gr C

Soit un total de 30 tôles de 6280 mm x 1800 mm x 6 mm et 7,5 tôles de 6280 mm x 1800 mm x 8 mm.

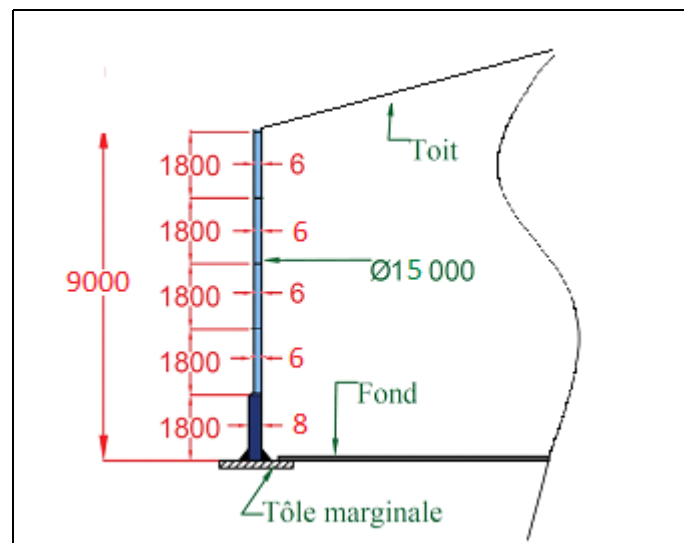


Fig.III.5: Coupe verticale au niveau de la robe

8.6 Calcul du poids total des tôles de la robe Pr :

On a :

- Le périmètre de la robe : $P = 47100 \text{ mm}$;
- $N_{\text{tôles/virole}} = 7,5 \text{ tôles}$;
- Format des tôles utilisés ($L = 6280, l = 1800, ei$) ;
- Nombre de virole = 5 ;
- Masse volumique de l'acier $7850 \text{ kg/m}^3 = 7,85 \text{ t/m}^3$.

La masse totale de la robe est calculée par la formule suivante :

$$M_{totale} = \sum_i^5 M_{vi} = M_{v1} + M_{v2} + M_{v3} + M_{v4} + M_{v5}$$

On a : $M_{vi} = \rho \times L \times l \times ei \times N_{tole/virole}$

1^{ère} virole : $M_{v1} = 7,85 \times 6,28 \times 1,8 \times 0,008 \times 7,5 = 5,324 \text{ t}$

2^{ème} virole : $M_{v2} = 7,85 \times 6,28 \times 1,8 \times 0,006 \times 7,5 = 3,993 \text{ t}$

3^{ème} virole : $M_{v3} = 7,85 \times 6,28 \times 1,8 \times 0,006 \times 7,5 = 3,993 \text{ t}$

4^{ème} virole : $M_{v4} = 7,85 \times 6,28 \times 1,8 \times 0,006 \times 7,5 = 3,993 \text{ t}$

5^{ème} virole : $M_{v5} = 7,85 \times 6,28 \times 1,8 \times 0,006 \times 7,5 = 3,993 \text{ t}$

Masse totale : $M_{totale} = 21,296 \text{ t}$

Poids total de la robe : $P_r = M_{totale} \times g = 21296 \times 9,81 = 208\,914 \text{ N}$

$P_r \approx 209 \text{ KN}$
--

Tel que :

▪ g: gravité = 9,81N/kg.

9 Étude des tôles du fond :

9.1 Introduction :

Le fond peut prendre plusieurs formes et peut être :

- Plat ;
- Convexe, permettant le drainage à la périphérie du réservoir ;
- Concave, permettant le drainage vers un puisard central ;



Fig.III.6: Vue du fond du réservoir

Une pente de 1 à 2% est prévue pour l'élimination des dépôts en fond de bac et permettre une vidange complète que possible du produit stocké. Le fond est réalisé à partir de tôles rectangulaires (tôles centrales) de 6 à 12mm d'épaisseur, soudées par recouvrement de 50mm.

Une tôle annulaire (marginale) de bordure est nécessaire sous la robe. Elle est constituée par des tôles soudées bout à bout, en général plus épaisses que le reste du fond. Le fond repose sur une galette de gravier ou de sable revêtue de bitume.

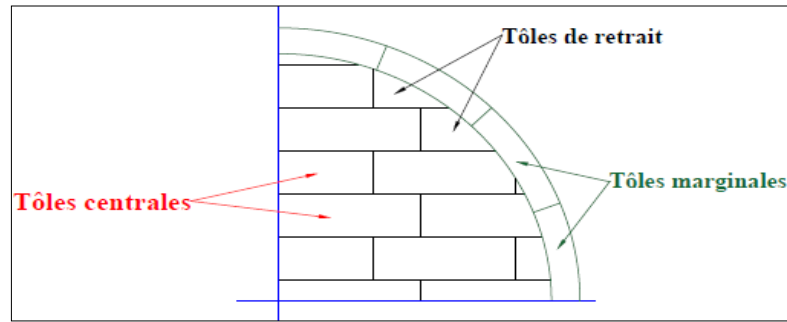


Fig.III.7 : Schéma d'un quart du fond

9.2 Calcul des tôles marginales du fond:

9.2.1 Nombre des tôles centrales N_t :

- **Surface de fond :**

$$S_f = R^2 \times \pi = (7,5)^2 \times \pi = 176,71 \text{ m}^2$$
- **Surface de la tôle :**

$$S_t = L \times l = 6,28 \times 1,8 = 11,31 \text{ m}^2$$
- **Nombre des tôles:**

$$N_t = \frac{S_f}{S_t}$$

$$N_t = \frac{176,71}{11,31} = 15,62 \approx 16$$

$N_t = 16$ tôles

Selon le code API 650 les tôles du fond devront avoir une épaisseur nominale au minimum de (1 /4) Pouce = 6,35 mm (1 pouce = 25,4 mm), en tenant compte de la surépaisseur de corrosion $e = 3$ mm.
 $e_f = 6,35 + 3 = 9,35$ mm.

Epaisseur adoptée : **e Tôles centrales = 9 mm**

9.2.2 Epaisseur des tôles centrales T_c :

Selon API650 5.4.1, l'épaisseur minimale des tôles de fond ne devra pas être inférieure à 6 mm, en tenant compte de surépaisseur de corrosion $CA = 3$ mm :

D'où :

$$t_c = t_{min} + C_a$$

$$t_c = 6 + 3$$

$$t_c = 9 \text{ mm}$$

On adopte : $t_c = 9$ mm avec un recouvrement entre tôles égal à 50 mm et une pente de 1% vers l'extérieur (périphérie).

9.2.3 Calcul du poids total des tôles centrales P_c :

$$P_c = N_t \times L \times l \times e \times \rho \times g$$

$$P_c = 16 \times 6,28 \times 1,8 \times 0,009 \times 7850 \times 9,81 = 125\,353\,N$$

$$P_c \approx 125\,KN$$

9.3 Calcul des tôles marginales du fond :

C'est un anneau de plaques périphériques connu sous le nom de tôle annulaire qui ont une circonférence extérieure circulaire et habituellement une forme polygonale régulière à l'intérieur du réservoir, ou sous forme d'un arc qui est notre type, sont soudées bout à bout.



Fig.III.8: Pose des tôles marginales

9.3.1 Epaisseur des tôles marginales t_b :

On a :

$$t_b = t_{min} + CA$$

Tels que :

- t_b : l'épaisseur de la tôle marginale ;
- t_{min} : l'épaisseur minimale de la tôle marginale ;
- CA : la surépaisseur de corrosion = 3 mm.

Selon API 650 (5.1a) : La contrainte S_b sur la première virole de la robe est la valeur la plus grande entre les deux valeurs suivantes:

Contrainte de produit :

$$S_{b1} = \left(\frac{t_d - C_a}{T_c} \right) \times S_d$$

$$S_{b1} = \left(\frac{7,67 - 3}{6} \right) \times 137 = 106,63\,MPa$$

Contrainte de test hydrostatique :

$$S_{b2} = \left(\frac{t_t}{t_n} \right) \times S_t$$

$$Sb_2 = \left(\frac{4,15}{4,67} \right) \times 154 = \mathbf{136,85 \text{ MPa}}$$

D'ou: **Sb = 136,85 MPa**

Donc suivant API 650 (5.1a) l'épaisseur minimale de la tôle marginale sans l'épaisseur de corrosion est :

$$t_{min} = 6 \text{ mm}$$

Alors:

$$t_b = t_{min} + CA$$

$$t_b = 6 + 3 = 9 \text{ mm}$$

$t_b = 9 \text{ mm}$

Tels que :

- $S_t = 154 \text{ Mpa}$ (contrainte admissible théorique pour A 283 gr C) ;
- $S_d = 137 \text{ Mpa}$ (contrainte admissible hydrostatique pour A 283 gr C) ;
- $t_d = 7,67 \text{ mm}$ (épaisseur théorique de la 1^{ère} virole) ;
- $t_t = 4,15 \text{ mm}$ (épaisseur hydrostatique de la 1^{ère} virole) ;
- $t_c = 6 \text{ mm}$ (épaisseur de la 1^{ère} virole sans surépaisseur de corrosion) ;
- $t_n = 4,67 \text{ mm}$ (épaisseur nominale de la 1^{ère} virole) ;
- $CA = 3 \text{ mm}$ (surépaisseur de corrosion de la 1^{ère} virole).

9.3.2 La largeur des tôles marginales :

Selon API 650 (5.5.2) : les tôles marginales auront une largeur radiale d'au moins **600mm**.

D'où :

$$L \geq \frac{215 \times t_b}{\sqrt{h \times G}}$$

Tels que:

- t_b : Épaisseur de la tôle marginale = 9 mm ;
- h : Hauteur de produit = 8,65 m ;
- G : Densité de produit stocké = 1.

$$\text{A.N: } L \geq \frac{215 \times 9}{\sqrt{8,65 \times 1}}$$

Donc: $L > L_{min} = 657,92 \text{ mm}$

On adopte : **$L = 700 \text{ mm}$**

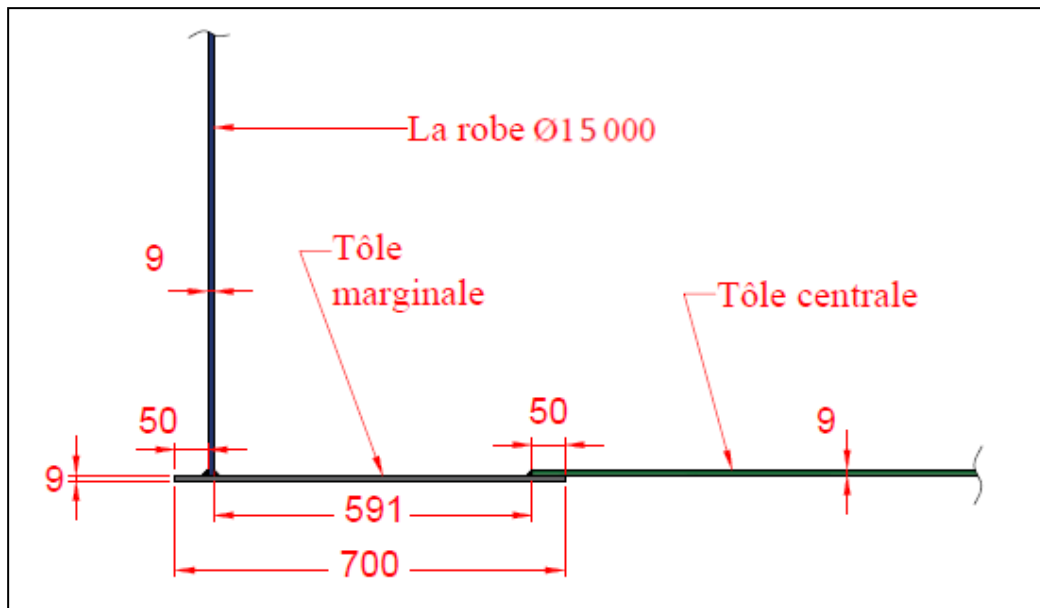


Fig.III.9: Vue en coupe d'une partie du réservoir

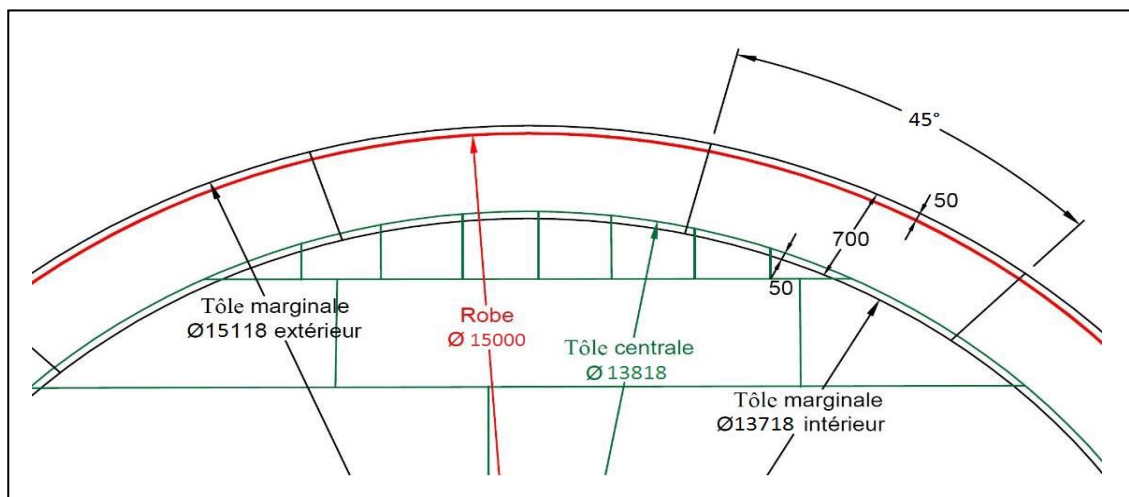


Fig.III.10: Vue de dessus de disposition de la tôle marginale

9.3.3 Nombre des tôles marginales N_m :

Le périmètre de réservoir est:

$$P = \pi \times D = \pi \times 15 = 47,12 \text{ m}$$

$$N_{\text{tôles marginales}} = \frac{P}{L}$$

$$N_{\text{tôles marginales}} = \frac{47,12}{6,28} = 7,5$$

$$N_{\text{tôles marginales}} = 7,5 \text{ tôles marginales}$$

Tôle de format (6280.1800.9 mm) donne 2 tôles marginales donc on a besoin de :

$$N_{\text{tôles}} = \frac{7,5}{2} = 3,75$$

$$N_{\text{tôles}} = 4 \text{ tôles}$$

9.3.4 Masse des tôles :

$$\text{Masse des tôles : } M_{\text{tôles}} = a \times b \times e_i \times \rho \times N_{\text{tôle}}$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \text{La largeur de la tôle.} \\ b = \text{La longueur de tôle.} \\ e_i = \text{L'épaisseur de la tôle.} \\ \rho = \text{Masse volumique de acier : } 7850 \text{ kg/m}^3 = 7,85 \text{ t/m}^3 \end{array} \right.$$

On a :

$$M_{\text{tôles marginale}} = 6,28 \times 1,8 \times 0,009 \times 7850 \times 4 = 3194,51 \text{ kg}$$

$$M_{\text{tôles marginale}} = 3194,51 \text{ Kg} = 3,19 \text{ tonnes}$$

9.4 Poids total du fond :

Masse totale du fond :

$$M_{\text{fond}} = M_{\text{tôle marginale}} + M_{\text{tôle centrale}}$$

$$M_{\text{fond}} = 3194,51 + 25500 = 28694,51 \text{ Kg} = 28,7 \text{ tonnes}$$

$$P_{\text{fond}} = 287 \text{ KN}$$

10 Étude des tôles du toit :

10.1 Introduction :

Le toit est destiné pour protéger le produit dont le réservoir, permet de supporter la pression interne et aussi les charges externes.

10.2 Epaisseur des tôles du toit t_t :

Selon API 650(5.10.2.2) : l'épaisseur minimale des plaques de toit est **5 mm** avec une surépaisseur de corrosion exigée par le client quelle est dans notre cas de **1 mm**, ces tôles sont soudées par recouvrement de **35 mm**.

Donc:

$t_t = 6 \text{ mm}$

10.3 Pente du toit P_e :

Selon API 650 (5.10.4.1) : la pente du toit doit être égale ou supérieur à **6,25 %**.

Pour notre cas $P_e = 10 \%$

10.4 Hauteur du toit h :

$$h = R_T \times P_e = 7,506 \times 10/100 = \mathbf{0,7506 \text{ m}}$$

Tels que :

- h : Hauteur de toit ;
- R_T : Rayon de toit = R + épaisseur de la dernière virole = 7,506 m ;
- P_e : La pente = 10 %

10.5 Nombre de tôles du toit :

Tôle de format (6280.1800.6 mm)

- **Génératrice du toit R' : (cône)**

$$R' = \sqrt{R_T^2 + h^2}$$

$$R' = \sqrt{7,506^2 + 0,7506^2} = \mathbf{7,54 \text{ m}}$$

- **Surface du toit : (cône)**

$$S_f = \pi \times R_T \times R' = \pi \times 7,506 \times 7,54 = \mathbf{177,80 \text{ m}^2}$$

- **Surface de la tôle :**

$$S_t = L \times l = 6,28 \times 1,8 = \mathbf{11,31 \text{ m}^2}$$

- **Nombre de tôles :**

$$N_t = \frac{S_f}{S_t}$$

$$N_t = \frac{177,80}{11,31} = \mathbf{15,72 \approx 16 \text{ tôles}}$$

Tels que :

- h : Hauteur du toit = 0,7506 m ;
- R' : La génératrice du toit ;
- R_T : Rayon du toit ;
- S_f : La surface de toit ;
- S_t : La surface d'une seule tôle.
- N_t : Nombre des tôles.

10.6 Poids total des tôles du toit P_t :

$$P_t = \rho \times S_f \times e \times g$$

$$P_t = 7850 \times 177,80 \times 0,006 \times 9,81 = 82152,67 \text{ N}$$

$$P_t = 82,15 \text{ KN}$$

11 Poids total des tôles du réservoir :

Tab.III.6 : Poids total des tôles du réservoir

Elément	Poids (KN)
Robe	209
Fond	281,32
Toit	82,15
	572,47

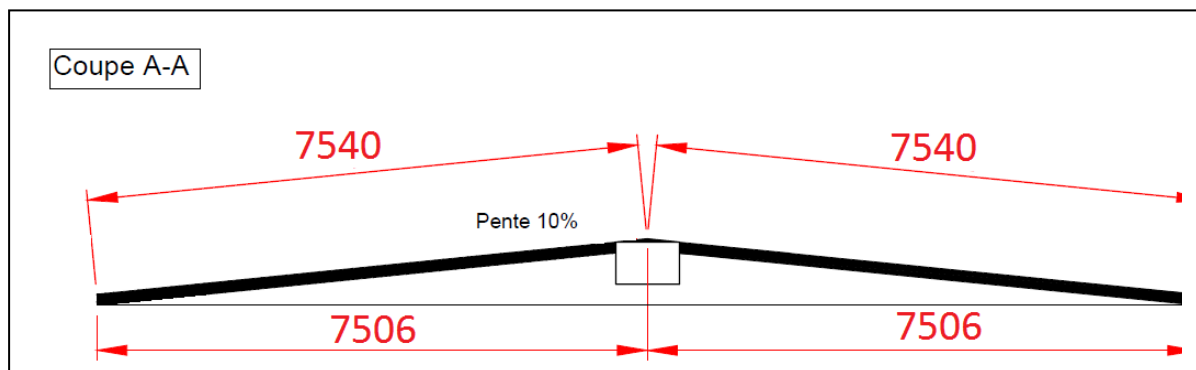


Fig.III.11: Coupe A-A sur le toit du réservoir

12 Conclusion:

Le fond, la robe et toit sont les parties du réservoir les plus sollicitées aux charges engendrées par le produit stocké et aux effets extérieurs, ils doivent être soigneusement conçus. Désormais il faudra examiner le réservoir sous l'effet des facteurs climatiques ainsi qu'au séisme, pour pouvoir calculer la charpente du toit, cela est dans le chapitre prochain.

CHAPITRE IV

ETUDE

CLIMATIQUE

CHAPITRE IV: ETUDE CLIMATIQUE

1 Introduction :

Les pressions du vent agissant sur les parois de l'ouvrage sont déterminées dans ce chapitre; le standard utilisé est NV 65 version 2000 (Règle Neige et Vent).

Le règles on pour objet, fixer les valeurs des surcharges climatiques (vent, neige) et de s'assurer qu'elles sont respectées.

Fournir des méthodes pour évaluer les efforts associés à un projet de construction dans son ensemble (un réservoir) Les règles NV65 doivent être suivies de manière cohérente.

2 Données de calcul :

- Zone d'implantation : Cap-Djinet, BOUMERDES ;
- Zone du vent : I ; NV65 (Tab 5)
- Vitesse du vent : 160 km/h $\approx$ 44,44 m/s ;
- Catégorie de construction : VI ;
- Hauteur du réservoir avec le toit : $H = 9 + 0,75 = 9,75$ m.

3 Effet du vent :

Selon NV65 : Pour le calcul des constructions, on admet que le vent peut souffler dans toutes les directions horizontales sous un angle vertical variant de $\pm 10^\circ$ par rapport au plan horizontal. Au résultat on obtient la quantité de surcharge de vent Q_v avec :

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

3.1 Pression dynamique normale et extrême q_H :

3.1.1 Définition :

Par convention, les pressions dynamiques de base normales et extrêmes sont celles qui s'exercent à une hauteur de **10 m** au-dessus du sol, pour un site normal sans effet de masque sur un élément dont la plus grande dimension est égale à **0,5 m**.

3.1.2 Pression dynamique extrême q_{10extr} :

$$q_{10\text{ extra}} = \frac{V^2}{16,3} = \frac{44,44^2}{16,3} = 121,16 \text{ daN/m}^2$$

Tels que : V : vitesse extrême de vent = 44,44 m/s.

3.1.3 Pression dynamique normal $q_{10\text{ normal}}$:

D'après NV65 : On doit envisager dans les calculs une pression dynamique normale et une pression dynamique extrême, le rapport de la seconde par rapport à la première est pris égal à 1,75.

$$\frac{q_{10\text{ extr}}}{q_{10\text{ normal}}} = 1,75 \Rightarrow q_{10\text{ normal}} = \frac{q_{10\text{ extr}}}{1,75}$$

A.N:

$$q_{10\text{ normal}} = \frac{121,16}{1,75} = 69,23 \text{ daN/m}^2$$

3.2 Modification des pressions dynamiques de base :

3.2.1 Effet de la hauteur au-dessus du sol :

D'après NV65 (1.241) : 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 10m de hauteur. Pour H compris entre 0 et 500 m, le rapport entre q_H et q_{10} est défini par la formule:

$$q_H = q_{10} \times 2,5 \times \left(\frac{H + 18}{H + 60} \right)$$

Tels que :

- q_{10} : Pression dynamique
- H : La hauteur totale du réservoir = 9,75m

Application Numérique:

3.2.1.1 Cas extrême $q_{H(\text{extr})}$:

$$q_H = 121,16 \times 2,5 \times \left(\frac{9,75 + 18}{9,75 + 60} \right)$$

$$q_H = 120,51 \text{ daN/m}^2$$

3.2.1.2 Cas normal $q_{H(\text{normal})}$:

$$q_H = 69,23 \times 2,5 \times \left(\frac{9,75 + 18}{9,75 + 60} \right)$$

$$q_H = 68,86 \text{ daN/m}^2$$

3.2.2 Effet de site K_s :

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, selon NV65 (tab 8) : Le coefficient de notre site est :

$K_s = 1,3$

3.2.3 Effet de masque K_m :

Il y a un effet de masque mais pas totalement parce que notre construction est masquée seulement par une toiture n'ayant pas une grande probabilité de durée, d'après NV65 (1.243) : Le coefficient de masque est :

$$K_m = 1$$

3.2.4 Effet des dimensions δ :

Le coefficient de réduction δ 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 $H = 9,75 \leq 30\text{m}$ est la plus grande dimension du réservoir. D'après NV65 (fig R-III-2) :

$$\delta = 0,805$$

3.2.5 Amplification dynamique β :

Dans la direction du vent, il existe une interaction dynamique entre les forces engendrées par les rafales de vent et la structure elle-même. La connaissance du mode fondamental d'oscillation de la structure dans la direction de vent étudiée est primordiale pour la prise en compte de ce phénomène. Plus la structure sera flexible (grande période d'oscillation) et plus les amplifications des déformations, et donc des efforts dans la structure, seront importantes.

Pour tenir compte de cet effet, il faut pondérer les pressions dynamiques de base par un coefficient d'amplification dynamique β .

$$\beta = \theta \cdot (1 + \xi \cdot \tau)$$

Avec :

- ξ : Coefficient de réponse en fonction de la période T du mode fondamental d'oscillation de la structure ;
- τ : Coefficient de pulsation déterminé à chaque niveau de la structure en fonction de sa hauteur H au-dessus du sol ;
- θ : Coefficient global dépendant du type de construction dans notre cas = 1.

3.2.5.1 Coefficient de réponse ξ :

$$T = 0,1 \times \frac{H}{\sqrt{D}}$$

$$T = 0,1 \times \frac{9,75}{\sqrt{15}} = 0,25 \text{ s}$$

D'après NV65 (fig R-III-3) : $\xi = 0,75$

3.2.5.2 Coefficient de pulsation τ :

Hauteur du réservoir = 9,75 m

D'après NV65 (fig R-III-4) : $\tau = 0,35$

D'ou:

$$\beta = 1. (1 + 0,75 .0,35) = 1,263$$

$$\beta = 1,263$$

3.2.6 Coefficient global de trainée C_t :

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

3.2.6.1 Rapport de dimensions γ :

Construction fermée catégorie VI (cylindre lisse a base circulaire sans nervure et possédant un poli spéculaire et durable), cylindre reposant sur sol. Selon NV65 (2.03) :

$$\lambda = \frac{H}{D}$$

Tels que :

- H : La hauteur de réservoir (m)
- D : Diamètre de réservoir (m).

$$\text{A.N: } \lambda = \frac{9,75}{15} = 0,65$$

On a : $\lambda = 0,65$

Selon NV65 (fig R-III-10) : $\gamma = 0,90$

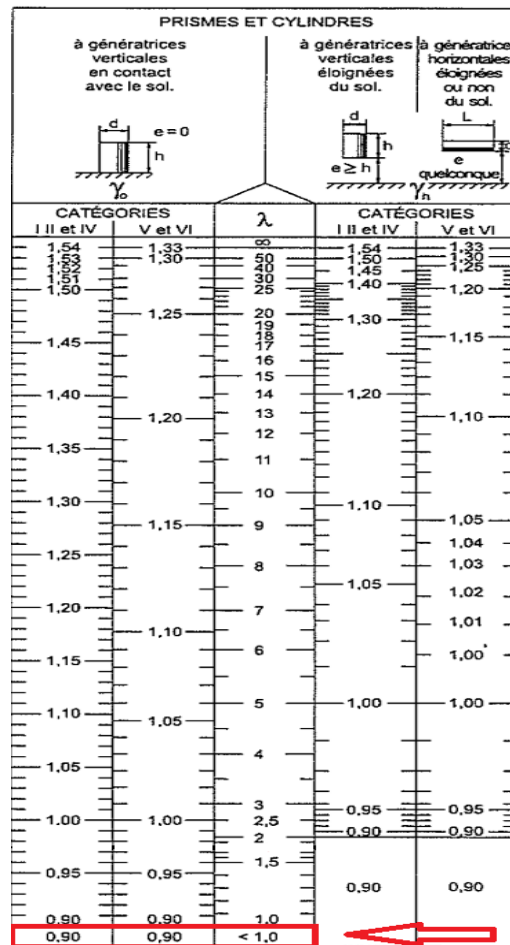


Fig.IV.1 : Schéma représentatif de γ [NV65 (fig R-III-10)]

3.2.6.2 Le coefficient C_{t0} :

Dépend de : Le nombre de REYNOLDS (Re) :

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} = 4,17 \cdot 10^5$$

Tels que : V : vitesse du vent;
 ν : viscosité cinématique;
 D : diamètre (en mètre).

$$D = \frac{4,17 \cdot 10^5 \times 14,4 \cdot 10^{-6}}{44,44} = 0,13 \text{ m}$$

$$\rightarrow (0,13 \text{ m} < 0,28 \text{ m})$$

$$D \times \sqrt{q_{H \text{ extr}}} = 0,13 \times \sqrt{121,16} = 1,43 \rightarrow (0,5 \leq 1,43 \leq 1,5)$$

D'après (I) et selon NV65 (tab 15) : $C_{t0} = 0,9 - 0,3 \times D \sqrt{q_{H \text{ extr}}}$
 $C_{t0} = 0,9 - 0,3 \times 1,43 = 0,47$

Donc:

A.N:

$$C_t = 0,9 \times 0,47 = 0,42$$

$$C_t = 0,42$$

3.3 Actions statiques exercées par le vent :

3.3.1 Actions extérieures :

D'après NV65 pour un cylindre de catégorie **6** les actions extérieures sont données sous forme polaire.

Le coefficient de pression (C_e) est donné en fonction de $\gamma = 1$ et $\gamma = 1,3$ et de l'angle α d'inclinaison du plan tangent à la surface courbe sur la direction du vent.

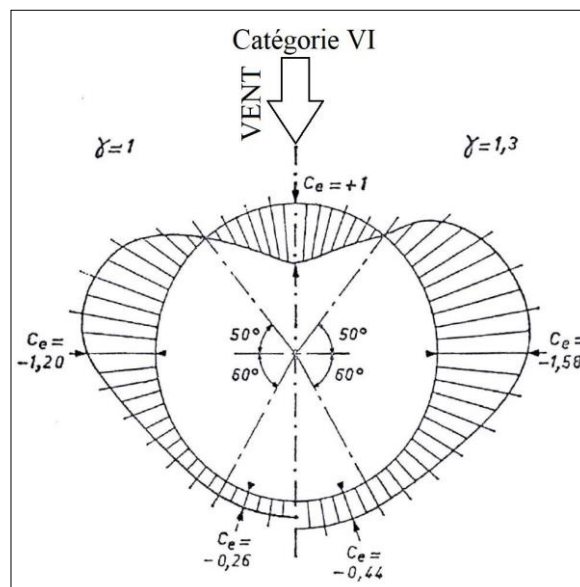


Fig.IV.2 : Actions extérieures du vent sur un cylindre
 [NV65 (fig C-III-44)]

À l'aide de schéma ci-dessus on fait une interpolation linéaire :

$$C_e = \gamma \cdot a + b$$

Pour $\alpha = 0^\circ$:

$$\gamma = 1 \quad C_e = -1,2 \quad -1,2 = 1a + b \quad \longrightarrow (1)$$

$$\gamma = 1,3 \quad C_e = -1,6 \quad -1,6 = 1,3a + b \quad \longrightarrow (2)$$

$$(1) - (2) \quad \longrightarrow \quad a = -1,3 \quad b = 0,13$$

Alors : $C_e = -1,3\gamma + 0,13$

Notre cas $\gamma = 0,90$ donc $C_e = -1,3 \cdot (0,90) + 0,13 \quad C_e = -1,04$

Pour $\alpha = 50^\circ$:

$$\gamma = 1 \quad C_e = 0 \quad 0 = 1a + b \quad \longrightarrow (1)$$

$$\gamma = 1,3 \quad C_e = 0 \quad 0 = 1,3a + b \quad \longrightarrow (2)$$

$$(1) - (2) \quad \longrightarrow \quad a = 0 \quad b = 0$$

Notre cas $\gamma = 0,90$ donc $C_e = 0 \cdot (0,90) + 0 \quad C_e = 0$

Pour $\alpha = 90^\circ$:

$$\gamma = 1 \quad C_e = 1 \quad 1 = 1a + b \quad \longrightarrow (1)$$

$$\gamma = 1,3 \quad C_e = 1 \quad 1 = 1,3a + b \quad \longrightarrow (2)$$

$$(1) - (2) \quad \longrightarrow \quad a = 0 \quad b = 1$$

Notre cas $\gamma = 0,90$ donc $C_e = 0 \cdot (0,90) + 1 \quad C_e = 1$

Pour $\alpha = -60^\circ$:

$$\gamma = 1 \quad C_e = -0,26 \quad -0,26 = 1a + b \quad \longrightarrow (1)$$

$$\gamma = 1,3 \quad C_e = -0,44 \quad -0,44 = 1,3a + b \quad \longrightarrow (2)$$

$$(1) - (2) \quad \longrightarrow \quad a = -0,6 \quad b = 0,34$$

Notre cas $\gamma = 0,90$ donc $C_e = -0,6 \cdot (0,90) + 0,34 \quad C_e = -0,2$

Pour $\alpha = -90^\circ$:

$$\gamma = 1 \quad C_e = -0,26 \quad -0,26 = 1a + b \quad \longrightarrow (1)$$

$$\gamma = 1,3 \quad C_e = -0,44 \quad -0,44 = 1,3a + b \quad \longrightarrow (2)$$

$$(1) - (2) \quad \longrightarrow \quad a = -0,6 \quad b = 0,34$$

Notre cas $\gamma = 0,90$ donc $C_e = -0,6 \cdot (0,90) + 0,34 \quad C_e = -0,2$

Tab.IV.1 : Résultats des interpolations linéaires

α	γ	C_e
0	0,90	-1,04
50	0,90	0
90	0,90	1
-60	0,90	-0,2
-90	0,90	-0,2

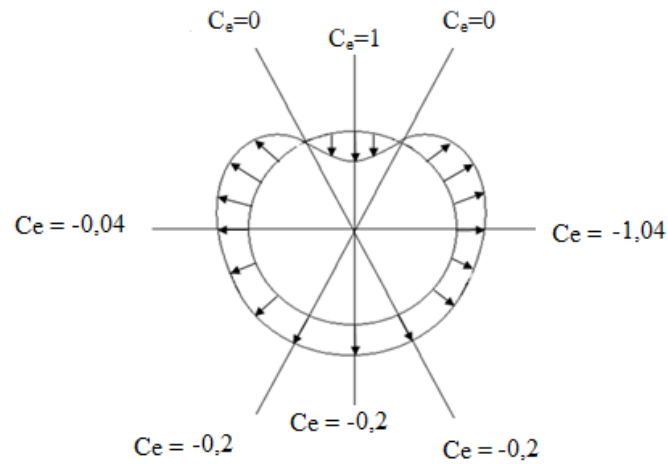


Fig.IV.3: Résultats d'interpolation

3.3.2 Actions intérieures :

On a deux cas :

Cas 1 : Réservoir plein : Suivant NV65 (2.141) :

Construction fermée, les parois ont une perméabilité : $\mu \leq 5\%$.

- **Surpression** : $C_i = 0,6 \times (1,10 - C_t) = 0,6 \times (1,10 - 0,42) = \mathbf{0,408}$
- **Dépression** : $C_i = -0,6 \times (1,10 - C_t) = -0,6 \times (1,10 - 0,42) = \mathbf{-0,408}$

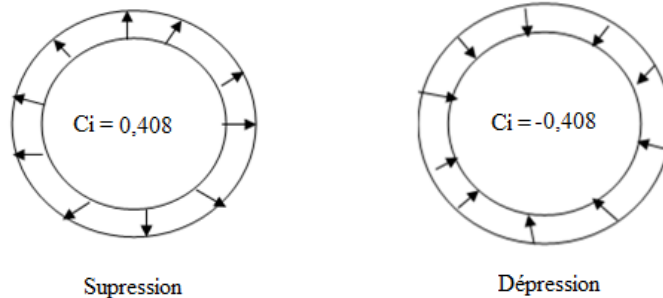


Fig.IV.4 : Actions intérieures au vent réservoir plein

Cas 2 : Réservoir vide ou à moitié plein :

Pour les constructions ouvertes à leurs parties supérieures, on applique une dépression uniforme égale à : $\mathbf{-0,3q}$.

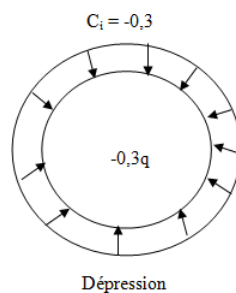


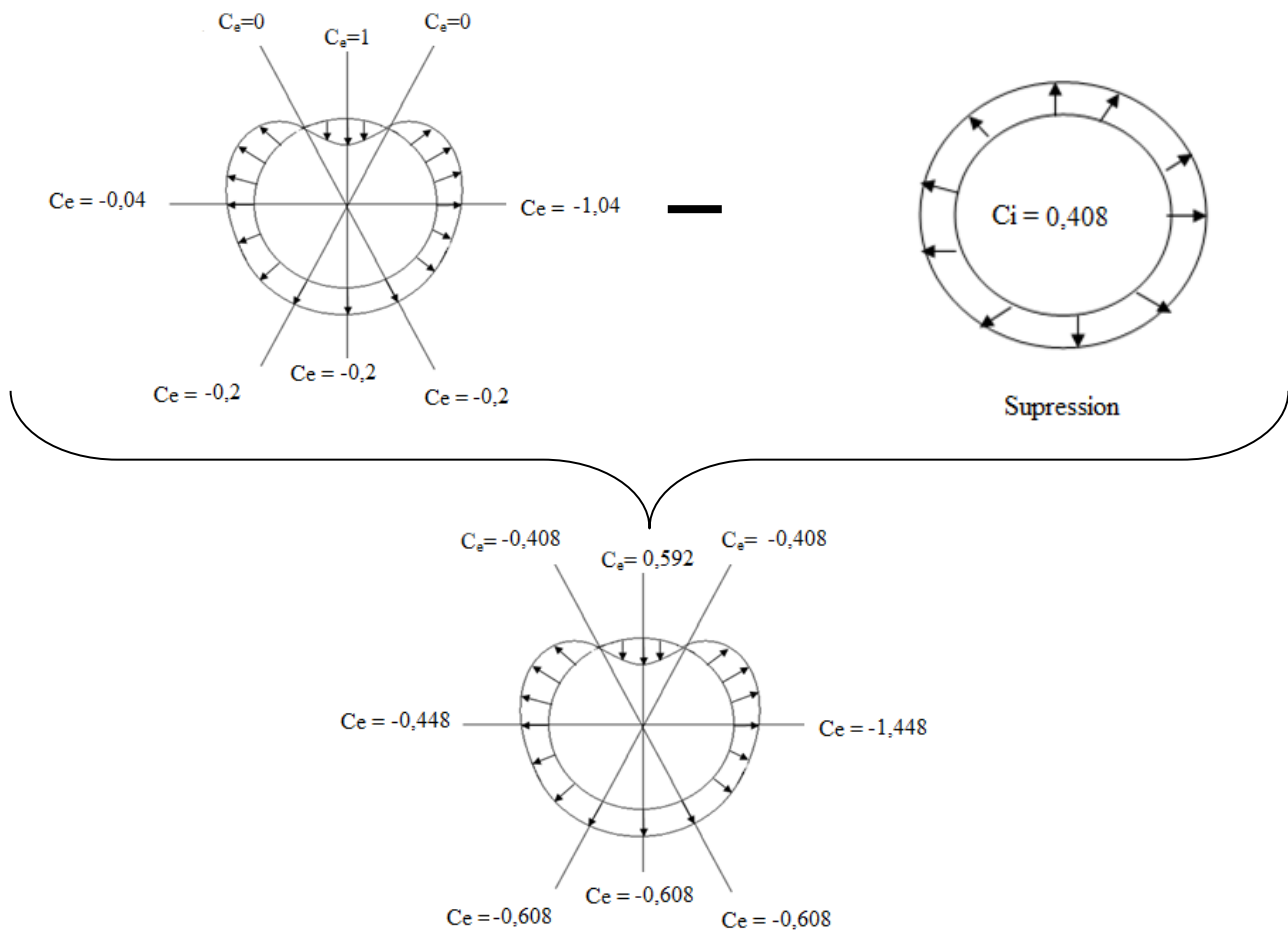
Fig.IV.5 : Actions intérieures au vent réservoir vide

3.3.3 Actions résultantes ($c_e - c_i$) :

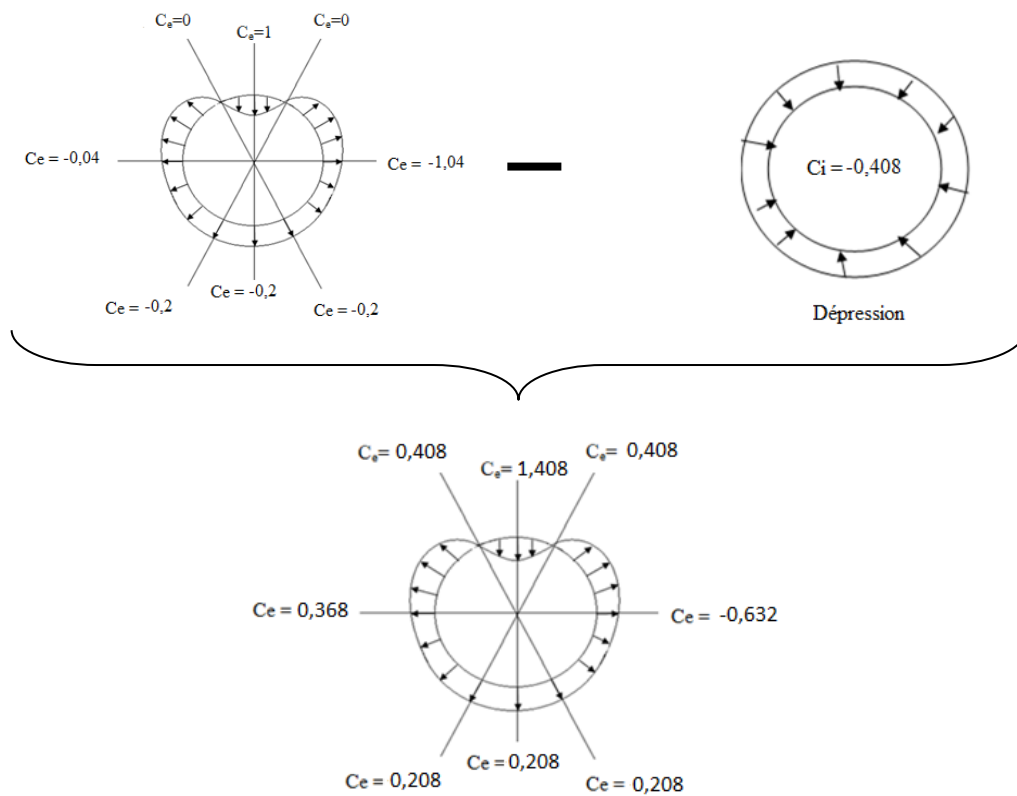
On a deux cas :

Cas 1 : Réservoir plein :

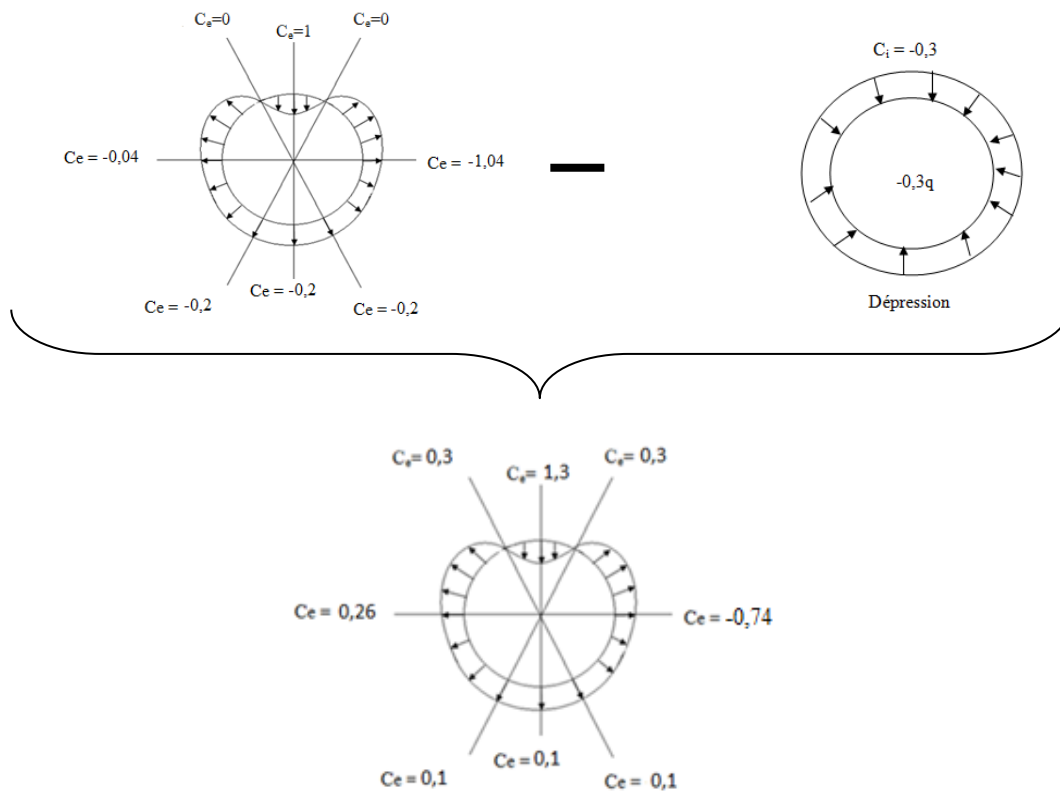
- Supression :



• Dépression :



Cas 2 : Réservoir vide ou à moitié plein:



Remarque :

Le 1^{er} cas (dépression) est le plus défavorable :

$C_{\max} = C_e = 1,408$

3.4 Calcul l'effet du vent Q_v :

$$Q_v = q_{H(extr)} \times K_s \times K_m \times C_{\max} \times \delta \times \beta$$

$$Q_v = 121,16 \times 1,3 \times 1 \times 1,408 \times 0,805 \times 1,263 = 225,48 \text{ daN/m}^2$$

$Q_v = 225,48 \text{ daN/m}^2$

Tels que :

- $q_{H(extr)} = 121,16 \text{ daN/m}^2$: La pression dynamique extrême agissant à hauteur H ;
- $K_s = 1,3$: Coefficient de site ;
- $K_m = 1$: Coefficient de masque ;
- $C_{\max} = 1,408$: Coefficient de résultant ;
- $\delta = 0,805$: Coefficient de réduction des pressions dynamiques ;
- $\beta = 1,263$: Coefficient de majoration.

4 Effet de la neige :

On utilise le règlement RNV 99, pour objectif de définir les valeurs représentatives de la charge statique de neige sur toute surface située au-dessus du sol, et soumise à l'accumulation de la neige et notamment sur les toitures.

D'après NV 99 (4.2) : La surcharge de la neige est donnée en fonction de la région et l'altitude du site d'implantation, par la formule suivante : $Q_n = \mu \times S_k$

Tels que :

- Q_n : La surcharge de la neige ;
- $\mu = 0,8$: Coefficient de forme, (NV99 tab 6.1) ;
- S_k : La charge de neige sur le sol en fonction de l'altitude et de la zone.

4.1 Données de calcul :

- Zone d'implantation : BOUMERDES ;
- Zone de neige : I (NV99 tab A1.1) ;
- Altitude : 2 m.

4.2 Calcul l'effet de la neige :

Selon NV99 (4.2) :

$$S_K = \frac{0,04 \times H + 10}{100}$$

$$S_K = \frac{0,04 \times 2 + 10}{100} = 0,1008 \text{ KN/m}^2$$

Alors:

$$Q_n = \mu \times S_K$$

$$Q_n = 0,8 \times 0,1008 = 0,08064 \text{ KN/m}^2$$

$Q_n = 8,10$ daN/m²
--

Avec:

- **H** : l'altitude de zone d'implantation = 2m;
- **S_K** = 0,1008 KN/m²

5 Conclusion :

Nous avons conclu ce chapitre, en déterminant les valeurs exactes des surcharges du vent et de neige, exercées sur le réservoir. Visant à adopter le calcul de la charpente, appropriée, porteuse du toit, évoqué dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V

CALCUL DE LA CHARPENTE DU TOIT

CHAPITRE V : CALCUL DE LA CHARPENTE DU TOIT

1 Introduction :

Le bon dimensionnement de la charpente a pour but d'optimiser le rapport inertie/prix. Alternativement, parce que le prix est directement proportionnel au poids d'acier, il est nécessaire de réduire la consommation d'acier tout en augmentant l'inertie, ce qui peut être accompli en positionnant le matériau aussi loin que possible de l'axe neutre.

Le réservoir peut supporter un toit conique assez plat avec une pente de 10 %. Cette toiture est constituée d'une charpente soutenue par un ou plusieurs poteaux tubulaires qui reposent sur la fondation de l'ouvrage. Pour évaluer la stabilité et la résistance de l'ouvrage aux différentes sollicitations auxquelles il est soumis, on utilise les valeurs de charge pondérée, ainsi que l'état limite ultime (ELU).

La vérification relative à la flèche sera effectuée sous charges non pondérées, état limite de service (ELS). Les éléments étudiés dans ce chapitre sont les entretoises, les chevrons et le poteau central. Le règlement suivi c'est l'EUROCODE 3.

2 Données de calcul :

- Type de toiture : toit conique fixe supporté ;
- La pente du toit = 10% ;
- Le diamètre du toit = 15,08 m ;
- La surface du toit = 177,80 m² ;
- L'épaisseur des tôles de toiture = 6 mm.

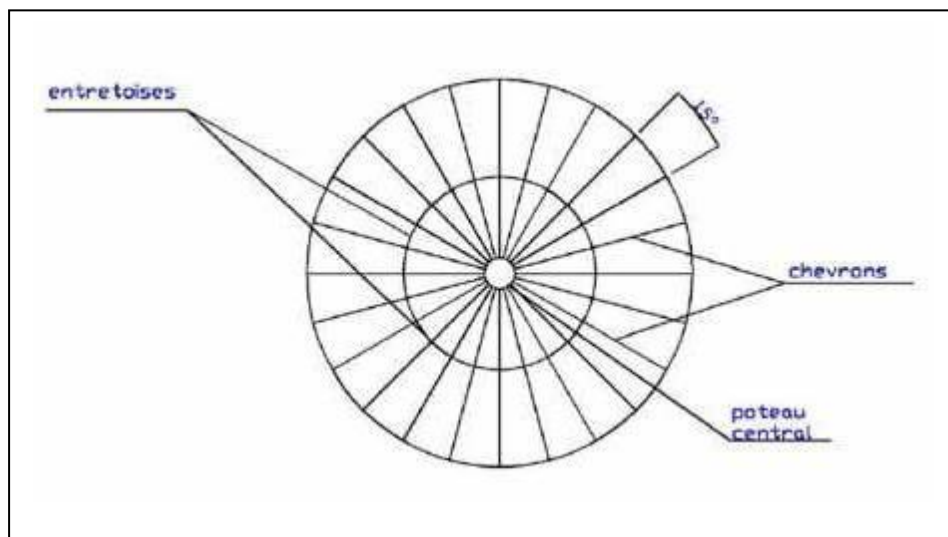


Fig.V.1: Vue en plan de la charpente

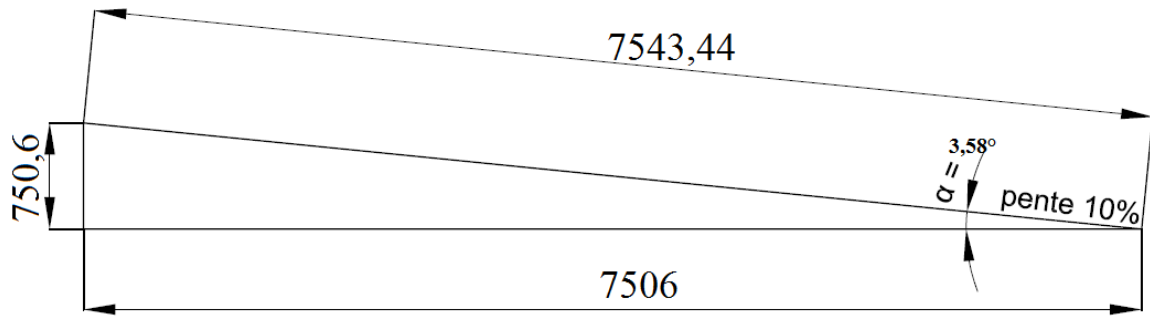


Fig.V.2 : Longueur de la génératrice du toit

3 Matériau de construction utilisé :

Tab.V.1 : Caractéristiques du matériau de construction

Désignation symbolique	σ_r (MPa)	σ_e (MPa)	Désignation antérieure
S275	450	260	E28

4 Calcul des entretoises :

4.1 Nombre des entretoises :

$$N_{\text{entretoise}} = \frac{360}{15} = 24 \text{ entretoises}$$

4.2 Calcul de la surface utilisée

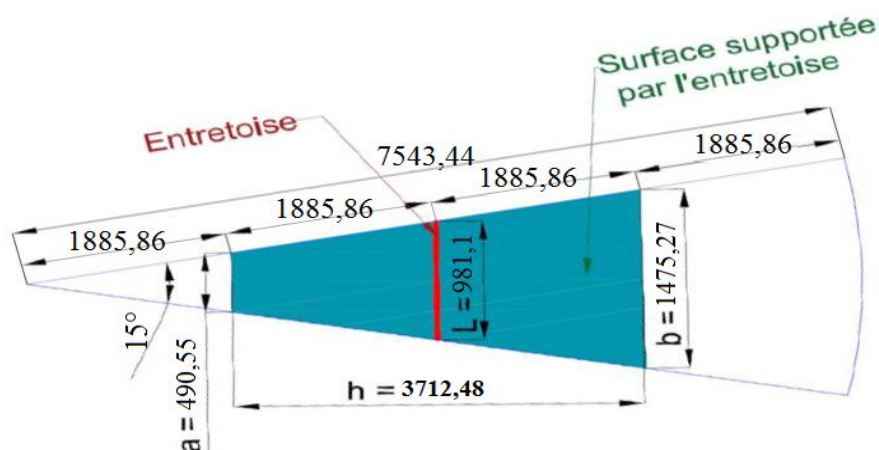


Fig.V.3 : La surface supportée par l'entretoise

La surface supportée par l'entretoise sera calculée comme suit:

$$S_{s1} = \frac{(b+a) \times h}{2}$$

$$= \frac{(1475,27 + 490,55) \times 3712,48 \cdot 10^{-6}}{2}$$

$$S_{s1} = 3,65 \text{ m}^2$$

$S_{s1} = 3,65 \text{ m}^2$

4.3 Calcul des charges :

4.3.1 Charges permanentes G_p :

$$G_p = G_c + G_{pr}$$

$$G_{couverture} = \rho \times g \times e = 7850 \times 9,81 \times 0,006 = 46,21 \text{ daN/m}^2$$

$$G_{profilé} = P_p = 6 \text{ daN/m}^2$$

Tels que :

- G_c : Charge de couvertures ;
- G_{pr} : Charge de profilé ;
- g : Gravité = 9,81 N/kg ;
- ρ : Masse volumique de l'acier = 7850 kg/m³ ;
- e : Epaisseur des tôles du toit = 6 mm.

Remarque 1 : Le poids propre du profilé P_p est estimé à 6 daN/m².

$$G_p = 46,21 + 6 = 52,21 \text{ daN/m}^2$$

$G_p = 52,21 \text{ daN/m}^2$

4.3.2 Surcharge du vent :

$Q_v = 230,81 \text{ daN/m}^2$

4.3.3 Surcharge de la neige :

$Q_n = 0,64 \text{ daN/m}^2$

4.3.4 Charge d'exploitation :

Est une charge ponctuelle équivalente au poids de 02 ouvriers avec leur caisse à outils. Elle est estimée à :

$$Q_{exp} = 200 \text{ daN/m}^2$$

4.4 Combinaison des charges :**4.4.1 L'état limite ultime Q_u :**

$$Q_{u1} = 1,35 \times G_P + 1,5 \times Q_v$$

$$Q_{u1} = 1,35 \times 52,21 + 1,5 \times 230,81 = 416,70 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{u2} = 1,35 \times G_P + 1,5 \times Q_n$$

$$Q_{u2} = 1,35 \times 52,21 + 1,5 \times 0,64 = 71,44 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{u3} = 1,35 \times G_P + 1,5 \times Q_{exp}$$

$$Q_{u3} = 1,35 \times 52,21 + 1,5 \times 200$$

$$Q_{u3} = 370,48 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{u4} = 1,35 \times G_P + 0,9 \times 1,5 \times (Q_v + Q_n)$$

$$Q_{u4} = 1,35 \times 52,21 + 0,9 \times 1,5 \times (230,81 + 0,64)$$

$$Q_{u4} = 382,94 \text{ daN/m}^2$$

Donc :

$$Q_u = Q_{u1} \times h$$

$$Q_u = 416,70 \times 3,712$$

$$Q_u = 1546,79 \text{ daN/m}$$

$$Q_u = 1546,79 \text{ daN/m}$$

Avec:

- **h:** Longueur de la surface supporté par l'entretoise = 3,712 m.

L'état limite de service Q_s :

$$Q_{s1} = G_P + Q_v = 52,21 + 230,81 = \boxed{283,02 \text{ daN/m}^2}$$

$$Q_{s2} = G_P + Q_n = 52,21 + 0,64 = 52,85 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{s3} = G_P + Q_{exp} = 52,21 + 200 = 252,21 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{s4} = G_P + 0,9 \times (Q_v + Q_n) = 52,21 + 0,9 \times (230,81 + 0,64) = 260,51 \text{ daN/m}^2$$

Donc :

$$Q_s = Q_{s1} \times h = 283,02 \times 3,712 = 1050,57 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{Q_s = 1050,57 \text{ daN/m}}$$

- **Décomposition de Q_u et Q_s selon les axes zz' et yy' :**

➤ **Axe $z-z'$:**

$$Q_z = Q \times \cos \alpha$$

$$Q_{u,z} = 1546,79 \times \cos 3,58^\circ = 1543,77 \text{ daN/m}$$

$$Q_{s,z} = 1050,57 \times \cos 3,58^\circ = 1048,52 \text{ daN/m}$$

➤ **Axe $y-y'$:**

$$Q_y = Q \times \sin \alpha$$

$$Q_{u,y} = 1546,79 \times \sin 3,58^\circ = 96,58 \text{ daN/m}$$

$$Q_{s,y} = 1050,57 \times \sin 3,58^\circ = 65,60 \text{ daN/m}$$

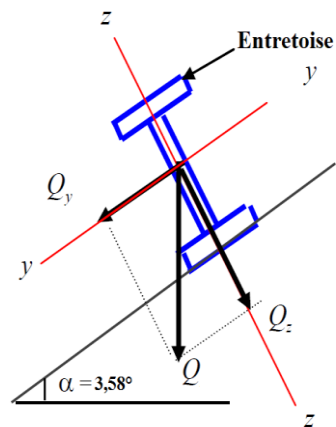


Fig.V.4 : Schéma de décomposition de Q

4.5 Dimensionnement du profilé avec la condition de la flèche à l'E.L.S:

$$f = \frac{5 \times Q_{s,z} \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

$$\Rightarrow I_y \geq 200 \times \frac{5 \times Q_{s,z} \times L^3}{384 \times E}$$

$$A.N: I_y \geq 200 \times \frac{5 \times 1048,52 \cdot 10^{-2} \times (0,9811 \cdot 10^2)^3}{384 \times 2,1 \cdot 10^6} = 12,28 \text{ cm}^4$$

Tels que :

- f : La flèche ;
- E : Module d'élasticité longitudinale de l'acier = $2,1.10^5$ MPa ;
- I_y : Moment d'inertie de flexion maximale ;
- L : La longueur d'entretoise.

On propose un UPN 80 :

P_p (daN/m)	I_y (cm ⁴)	I_z (cm ⁴)	$W_{pl,y}$ (cm ³)	$W_{pl,z}$ (cm ³)
8,7	106	19,4	2,67	1,45

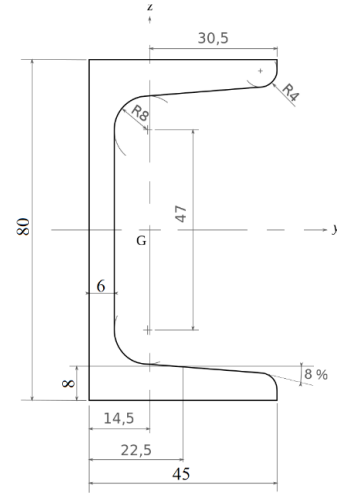


Fig.V.5 : Schéma du profilé UPN 80

$$Q_{\text{entretoise}} = P_p \times L$$

$$= 8,7 \times 0,9811$$

$$Q_{\text{entretoise}} = 8,54 \text{ daN}$$

Tels que :

- $Q_{\text{entretoise}}$: La charge d'entretoise ;
- P_p : Le poids propre d'entretoise ;
- L : La longueur d'entretoise = 0,981 m.

4.6 Vérification de la résistance à la flexion biaxiale à l'E.L.U :

➤ Calcul en plasticité :

$$\left(\frac{M_{y,sd}}{M_{pl,y,rd}} \right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{z,sd}}{M_{pl,z,rd}} \right)^{\beta} \leq 1$$

Tels que :

- M_{sd} : Moments fléchissant suivant les axes ;
- $M_{pl,rd}$: Le moment de résistance plastique de la section ;
- $\alpha = 2$ et $\beta = 1$ Sont des constantes.

4.6.1 Calcul des moments fléchissant : (Poutre sans lierne, 2 appuis)

$$\begin{array}{l|l}
 M_{y.sd} = \frac{Q_{u.z} \times L^2}{8} & M_{z.sd} = \frac{Q_{u.y} \times L^2}{8} \\
 M_{y.sd} = \frac{1543,77 \times 0,9811^2}{8} & M_{z.sd} = \frac{96,58 \times 0,9811^2}{8} \\
 M_{y.sd} = 185,75 \text{ daN.m} & M_{z.sd} = 11,62 \text{ daN.m}
 \end{array}$$

4.6.2 Calcul des moments de la résistance plastique :

$$M_{y.sd} = \frac{W_{pl} \times \sigma_e}{\gamma_{M0}}$$

Tels que :

- W_{pl} : Module de résistance plastic ;
- σ_e : Limite élastique d'acier = 275 MPa ;
- γ_{M0} : Coefficient partiel de sécurité sur la résistance = 1,1.

➤ Axe z-z' :

$$M_{pl,z,rd} = \frac{W_{pl,z} \times \sigma_e}{\gamma_{M0}} = \frac{12,1 \times 27,5}{1,1} = 302,50 \text{ daN.m}$$

➤ Axe y-y' :

$$M_{pl,y,rd} = \frac{W_{pl,y} \times \sigma_e}{\gamma_{M0}} = \frac{31,8 \times 27,5}{1,1} = 795 \text{ daN.m}$$

Alors:

$$\left(\frac{M_{y.sd}}{M_{pl,y,rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z.sd}}{M_{pl,z,rd}} \right)^\beta = \left(\frac{185,75}{795} \right)^2 + \left(\frac{11,62}{302,50} \right)^1 = 0,093 \leq 1$$

Donc l'UPN 80 est acceptable

5 Calcul des chevrons :

Les chevrons sont boulonnés avec le poteau central et avec la robe, ils sont soumis à son poids propre et à la réaction des entretoises.

5.1 Nombre des chevrons :

$$N_{chevrons} = \frac{360}{15} = 24 \text{ chevrons}$$

5.2 Calcul de la surface sollicitée :

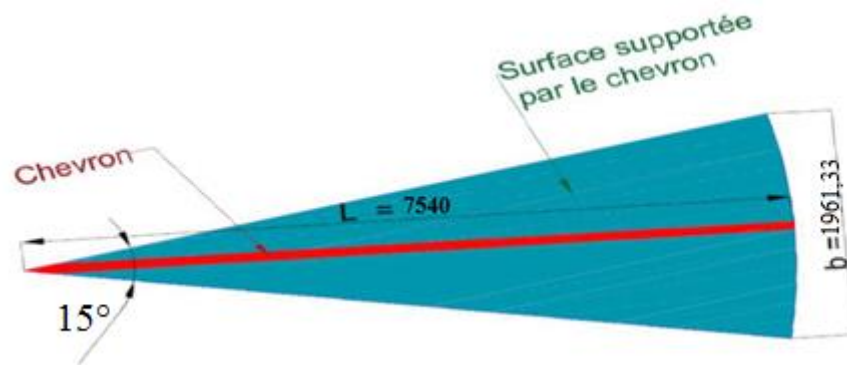


Fig.V.6 : La surface supportée par le chevron

La surface supportée par le chevron sera calculée comme suit :

$$S_{s2} = \frac{S_{toit}}{N_{secteurs}}$$

$$S_{s2} = \frac{177,80}{24} = 7,41 \text{ m}^2$$

$$S_{s2} = 7,41 \text{ m}^2$$

5.3 Calcul des charges :

5.3.1 Charges permanentes G_p :

$$G_p = G_c + G_{pr} + G_{ent}$$

$$G_{couverture} = \rho \times g \times e = 7850 \times 0,981 \times 0,006 = 46,21 \text{ daN/m}^2$$

Tels que :

- G_c : Charge de couverture ;
- G_{pr} : Charge de profilé ;

- G_{ent} : Charge d'entretoise ;
- g : Gravité = 9,81 N/kg ;
- ρ : Masse volumique de l'acier = 7850 kg/m³ ;
- e : Epaisseur des tôles du toit = 6 mm.

$$G_{profilé} = P_p = 12 \text{ daN/m}^2$$

$$G_{ent} = \frac{Q_{entretoise}}{S_{s2}}$$

$$G_{ent} = \frac{8,54}{7,41} = 1,15 \text{ daN/m}^2 \approx 1,5 \text{ daN/m}^2$$

Remarque 2: Le poids propre du profilé P_p est estimé par 12 daN/m².

Alors:

$$G_p = 46,21 + 12 + 1,5 = 59,71 \text{ daN/m}^2$$

$$G_p = 59,71 \text{ daN/m}^2$$

5.3.2 Surcharge du vent:

$$Q_v = 230,81 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_v = 230,81 \text{ daN/m}^2$$

5.3.3 Charge de neige:

$$Q_n = 0,64 \text{ daN/m}^2$$

5.3.4 Charge d'exploitation:

$$Q_{exp} = 200 \text{ daN/m}^2$$

5.4 Combinaison des charges :

5.4.1 L'état limite ultime :

$$Q_{u1} = 1,35 \times G_p + 1,5 \times Q_v$$

$$Q_{u1} = 1,35 \times 59,71 + 1,5 \times 230,81 = 426,82 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_u = Q_{u1} \times b$$

$$Q_u = 426,82 \times 1,96133 = 837,14 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_u = 837,14 \text{ daN/m}^2$$

Avec: $b = 1,96133$: L'entraxe entre les chevrons.

5.4.2 L'état limite du Service :

$$Q_{s1} = G_p + Q_v = 59,71 + 230,81 = 290,52 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_s = Q_{s1} \times b = 290,52 \times 1,96133 = 569,81 \text{ daN/m}$$

$$Q_s = 569,81 \text{ daN/m}$$

- **Décomposition de Q_u et Q_s selon les axes zz' et yy' :**

➤ **Axe z-z' :**

$$Q_z = Q \times \cos \alpha$$

$$Q_{u,z} = 837,14 \times \cos 3,58^\circ = 835,51 \text{ daN/m}$$

$$Q_{s,z} = 569,81 \times \cos 3,58^\circ = 568,70 \text{ daN/m}$$

➤ **Axe y-y' :**

$$Q_y = Q \times \sin \alpha$$

$$Q_{u,y} = 837,14 \times \sin 3,58^\circ = 52,27 \text{ daN/m}$$

$$Q_{s,y} = 569,81 \times \sin 3,58^\circ = 35,58 \text{ daN/m}$$

5.5 Dimensionnement du profilé avec la condition de la flèche à l'E.L.S

$$f = \frac{5 \times Q_{s,z} \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

$$I_y \geq 200 \times \frac{5 \times Q_{s,z} \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_y \geq 200 \times \frac{5 \times 568,70 \cdot 10^{-2} \times (7,540 \cdot 10^2)^3}{384 \times 2,1 \cdot 10^6} = 3023,06 \text{ cm}^4$$

Tels que :

- f : La flèche ;
- E : Module d'élasticité longitudinale de l'acier = $2,1.10^5$ MPa ;
- I_y : Moment d'inertie de flexion maximale ;
- L : La longueur du chevron.

On propose un IPE 240:

Tab.V.3 : Caractéristiques de l'IPE 240

P_p (daN/m)	I_y (cm ⁴)	I_z (cm ⁴)	$W_{pl,y}$ (cm ³)	$W_{pl,z}$ (cm ³)
30,7	3892	284	367	73,9

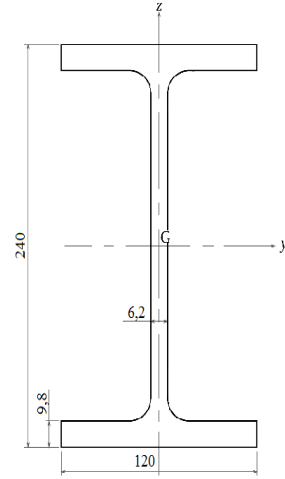


Fig.V.7: Schéma du profilé IPE 240

5.6 Vérification de la résistance à la flexion biaxiale (à l'E.L.U) :

➤ Calcul en plasticité :

$$\left(\frac{M_{y,sd}}{M_{pl,y,rd}} \right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{z,sd}}{M_{pl,z,rd}} \right)^{\beta} \leq 1$$

Tels que :

- M_{sd} : Moments fléchissant suivant les axes ;
- $M_{pl,rd}$: Le moment de résistance plastique de la section ;
- $\alpha = 2$ et $\beta = 1$ Sont des constants.

5.6.1 Calcul des moments fléchissant : (poutre sans lierne, 2 appuis)

$$M_{y,sd} = \frac{Q_{u,z} \times L^2}{8}$$

$$M_{y,sd} = \frac{835,51 \times 7,540^2}{8}$$

$$M_{y,sd} = 5937,51 \text{ daN.m}$$

$$M_{z,sd} = \frac{Q_{u,y} \times L^2}{8}$$

$$M_{z,sd} = \frac{52,27 \times 7,540^2}{8}$$

$$M_{z,sd} = 371,45 \text{ daN.m}$$

5.6.2 Calcul des moments de la résistance plastique :

$$M_{y, sd} = \frac{W_{pl} \times \sigma_e}{\gamma_{M0}}$$

Tels que :

- W_{pl} : Module de résistance plastic ;
- σ_e : Limite élastique d'acier = 275 MPa ;
- γ_{M0} : Coefficient partiel de sécurité sur la résistance = 1,1.

➤ **Axe z-z' :**

$$M_{pl,z, rd} = \frac{W_{pl,z} \times \sigma_e}{\gamma_{M0}} = \frac{73,9 \times 27,5}{1,1} = 1847,5 \text{ daN.m}$$

➤ **Axe y-y' :**

$$M_{pl,y, rd} = \frac{W_{pl,y} \times \sigma_e}{\gamma_{M0}} = \frac{367 \times 27,5}{1,1} = 9175 \text{ daN.m}$$

Alors:

$$\left(\frac{M_{y, sd}}{M_{pl,y, rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z, sd}}{M_{pl,z, rd}} \right)^\beta = \left(\frac{5937,51}{9175} \right)^2 + \left(\frac{371,45}{1847,5} \right)^1 = 0,62 \leq 1$$

Donc l'IPE 240 est acceptable

6 Calcul du poteau central:

6.1 Introduction:

Un toit est supporté par sa robe et un poteau introduit ou une série de poteaux de supports verticaux. Ceux-ci sont disposés en une série d'anneaux circonférentiels autour d'un seul poteau central. Les anneaux des poteaux intermédiaires sont reliés circonférentiellement par des poutres qui supportent à leur tour les chevrons radiaux sur lesquels repose le revêtement du toit.

Dans notre cas on utilise un poteau central sans poteaux intermédiaires. Ce dernier supportera la moitié de la charge totale exercée par le toit.

6.2 Données de calcul :

- Matériau utilisé : S235 ;
- Type de profilé : Profilé creux rond fini à froid.

D'après le chapitre III :

- L_0 : Longueur du poteau central = 9,750 m ;
- S_{toit} : Surface du toit = 177,80 m² ;
- G_c : Charge de couverture = 46,21 KN

6.3 Calcul des charges :**6.3.1 Charge permanente G_p :**

$$G_p = G_c + G_{ch}$$

Tab.V.4 : La charge de la charpente

Elément	Longueur (m)	Nbre	Pp (KN/m)	Charge totale (KN)
Entretoise	0,9811	24	0,087	2,049
Chevron	7,540	24	0,307	55,555
				57,604

$$G_p = 46,21 + 57,604 = 103,814 \text{ KN}$$

$$G_p = 103,814 \text{ KN}$$

6.3.2 Surcharge du vent sur le toit :

$$Q_{vt} = Q_{vent} \times S_{toit} = 2,3081 \times 177,8 = 410,38 \text{ KN}$$

$$Q_{vt} = 410,38 \text{ KN}$$

6.3.3 Surcharge de la neige sur le toit :

$$Q_{nt} = Q_{neige} \times S_{toit} = 0,64 \cdot 10^{-2} \times 177,8 = 1,138 \text{ K}$$

$$Q_{nt} = 1,138 \text{ KN}$$

6.3.4 Calcul de la force de la compression F :

Remarque 3 : Notre poteau central doit supporter $\frac{1}{2}$ de la charge totale.

$$F = \frac{G_p + Q_{vt} + Q_{nt}}{2}$$

$$F = \frac{103,814 + 410,38 + 1,138}{2}$$

$$F = 257,666 \text{ KN}$$

$F = 257,666 \text{ KN}$

6.4 Dimensionnement du poteau central avec la condition de la compression :

$$\frac{F}{A} \leq \sigma_e$$

$$A \geq \frac{F}{\sigma_e} = \frac{257,666}{23,5} = 10,96 \text{ cm}^2$$

Avec :

- F : Force de la compression supportée par le poteau ;
- A : Aire de la section du profilé ;
- σ_e : Limite élastique d'acier utilisé = 235 MPa.

On propose un tube de section 23,16 cm² comme poteau central

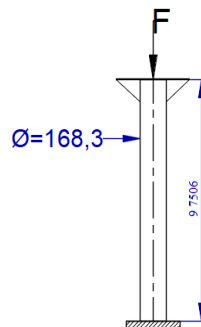


Fig.V.8 : Schéma du poteau central

Tab.V.5 : Caractéristiques du poteau central

$\varnothing_{\text{int}}$ (mm)	Epaisseur (mm)	Section A (cm ²)	Masse (kg/m)	Rayon de giration I _y (cm)
168,3	4,5	23,16	18,2	5,793

6.5 Vérification au flambement :

On va vérifier : $N_{\text{sd},y} \leq N_{\text{b.Rd},y}$

$$N_{\text{sd},y} = F = 263,87 \text{ KN}$$

Et la résistance de calcul au flambement d'un élément, ($N_{\text{b.Rd},y}$) égale à:

$$N_{\text{b.Rd},y} = \frac{\chi \times \beta_A \times A \times \sigma_e}{\gamma_{M1}}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{I_y} = \frac{0,5 \times L_0}{I_y} = \frac{0,5 \times 9,7506 \cdot 10^2}{5,793} = 84,16$$

$$\lambda_1 = 93,9 \times \varepsilon^2$$

$$\varepsilon^2 = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

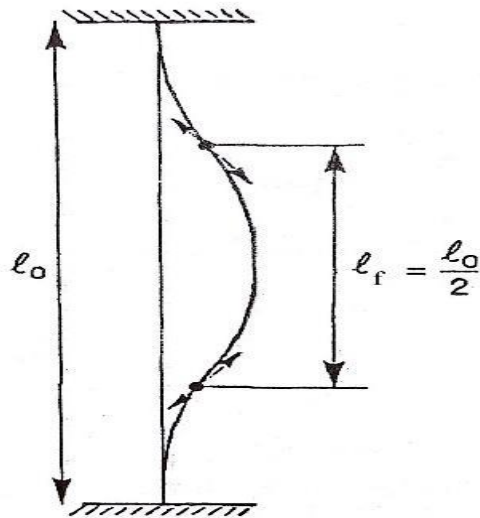


Fig.V.9 : Longueur du flambement d'un poteau bi-encasté

Avec:

- σ_e : Limite élastique d'acier = $235 \times 10^{-3} \text{ KN/mm}^2$;
- γ_{M1} : Coefficient partiel de sécurité sur la résistance = 1,1 ;
- $\beta_A = 1$ (Pour les sections de classe I, II et III) ;
- A : Aire de la section = 2316 mm^2 ;
- α : Facteur d'imperfection = 0,21 ;
- λ : L'élancement pour le mode de flambement considéré ;
- L_0 : Longueur de poteau = 9,7506 m ;
- L_f : Longueur de flambement égale à $0,5 L_0$;
- I_y : Rayon de giration = 5,793 cm.

✓ Application numérique :

$$\lambda_1 = 93,9 \times 1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{84,16}{93,9} = 0,896$$

$$\phi = 0,5 [1 + 0,21 \times (0,896 - 0,2) + 0,896^2] = 0,97$$

$$\chi = \frac{1}{0,97 + \sqrt{(0,97^2 - 0,896^2)}} = 0,74$$

$$N_{b.Rd.y} = \frac{0,74 \times 1 \times 2316 \times 235 \cdot 10^{-3}}{1,1} = 366,14 \text{ KN}$$

Alors:

$$N_{sd.y} = 257,666 \leq N_{b.Rd.y} = 366,14$$

Donc le poteau central de 168,3 mm de diamètre intérieur, de 4,5 mm d'épaisseur et 23,16 cm² de section est acceptable.

Remarque 4 :

On a considéré le poteau central comme bi-encasté car un poteau encasté guidé articulé ne résistera pas au flambement ($N_{sd.y} > N_{b.Rd.y}$).

7 Conclusion :

La charpente du toit du réservoir est reconnue comme une structure économique car sa conception permet un assemblage facile sur les sites. Ce type de charpente peut être utilisé dans un réservoir plus grand, et son diamètre n'est pas réellement limité car il est toujours possible de l'agrandir avec une rangée supplémentaire de colonnes, pannes et chevrons.

CHAPITRE VI

STABILITE DUBAC

CHAPITRE VI: STABILITE DU BAC

1 Introduction :

Tous les réservoirs fermés soumis à une pression interne qui est en excès par le poids de toit, essayent d'adopter une forme sphérique, ils sont aussi capables d'être instable à cause de l'effet du vent ou par l'effet sismique, donc on a besoin de vérifier la stabilité du notre réservoir et le renforcer si c'est nécessaire.

2 Calcul de la poutre au vent :

D'après *API STD 650 (5.9.3.2)* : Lorsque la poutre au vent est située à plus de 0,6 m sous l'extrémité de la robe, le réservoir doit être muni d'une cornière de rive.

Selon *API STD650 (5.9.6.1)* : Le module minimal de section de la poutre au vent est donné par la formule suivante:

$$Z = \frac{D^2 \times H}{17} \times \left(\frac{V}{190}\right)^2$$

$$Z = \frac{15^2 \times 9}{17} \times \left(\frac{160}{190}\right)^2 = 84,47 \text{ cm}^3$$

$$Z = 84,47 \text{ cm}^3$$

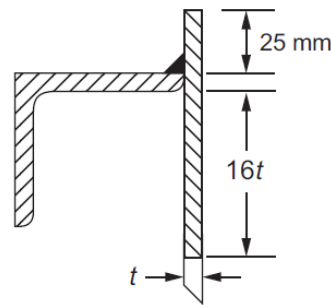


Fig.VI.1 : Positionnement de la poutre au vent concernée

API 650 [(Fig 5.24)]

D'après *API STD 650 (tab 5.20a)* le module de la section qu'on a trouvé correspond à une **L100 × 100 × 7**.

Remarque 1 : A l'aide de la (Fig.VI.1), la poutre au vent concernée est considérée comme une cornière de rive.

Tels que :

- Z : le module minimal de section = I/X_G (cm³) ;
- D : diamètre de réservoir 15 m ;
- H : la hauteur de la robe 9 m ;
- V : vitesse de vent 160 km/h.

Tab.VI.1 : Quelques méthodes de fixation de la cornière de rive.

A	B	C	D

On utilise la méthode A.

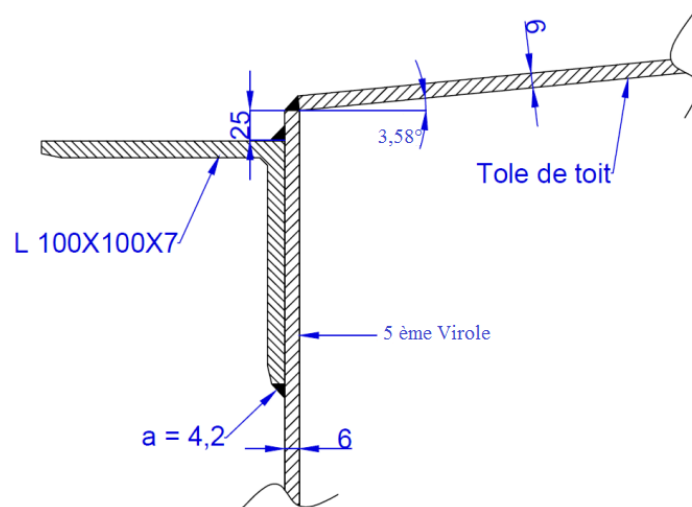


Fig.VI.2 : Schéma de la cornière de rive

2.1 Poids de la cornière de rive :

$$P_{corniere} = P_p \times \pi \cdot D$$

$$P_{corniere} = 10,73 \times \pi \cdot 15 = 505,64 \text{ daN}$$

Avec :

- $P_p = 10,73 \text{ daN/m}$: Poids propre de la cornière de rive ;
- $D = 15\text{m}$: Diamètre de réservoir.

2.2 Poids total du toit avec la cornière de rive :

$$P_{toit\ total} = P_t + P_{corniere} = 103,814 + 5,056 = 108,87 \text{ KN} \approx 109 \text{ KN}$$

Avec : P_t : Poids de la charpente (57,604 KN) plus le poids de la couverture du toit (46,21) = 50,691 KN.

3 Vérification de la nécessité d'une poutre au vent intermédiaire :

La poutre au vent intermédiaire est nécessaire si : $H_{max} \leq W_{tri}$

Sachant que :

H_{max} : la hauteur maximale non raidie ;

W_{tri} : la hauteur transformée.

3.1 Calcul de la hauteur maximale non raidie :

Selon API650(5.9.7.1) on a :

$$H_{max} = 9,74 \times t \times \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3} \times \left(\frac{190}{V}\right)^2$$

$$H_{max} = 9,74 \times 6 \times \sqrt{\left(\frac{6}{15}\right)^3} \times \left(\frac{190}{160}\right)^2 = 20,85 \text{ m}$$

$H_{max} = 20,85 \text{ m}$

Tels que :

- t : Epaisseur de la dernière virole 6 mm ;
- D : Le diamètre de réservoir 15 m ;
- V : Vitesse du vent 160 km/h.

3.2 Calcul de la hauteur transformée :

Selon API 650 (5.9.7.2) (a), la hauteur transformée est calculée comme suit:

$$W_{tri} = \sum_{i=1}^5 \left(W_i \times \sqrt{\left(\frac{t_{uniform}}{t_{actuel}}\right)^5} \right)$$

Sachant que :

- w_i : La largeur des tôles 1800 mm ;
- $t_{uniform}$: L'épaisseur de la dernière virole 6 mm ;
- t_{actuel} : L'épaisseur de chaque virole en (mm).

a. Exemple de Calcul pour la première virole:

$$W_{tr1} = 1800 \times \sqrt{\left(\frac{6}{8}\right)^5} = 876,85 \text{ mm}$$

Tab.VI.2: Résumé des valeurs de la hauteur transformée

Nbre de Virole	$t_{uniform}$ (mm)	t_{actuel} (mm)	w_i (mm)	W_{tri} (mm)
V1	6	8	1800	876,85
V2	6	6	1800	1800
V3	6	6	1800	1800
V4	6	6	1800	1800
V5	6	6	1800	1800
				8076,85

$$W_{tri} = 8,08 \text{ m}$$

Alors :

$$H_{max} = 20,85 \text{ m} \geq W_{tri} = 8,08 \text{ m}$$

Donc le réservoir est stable et ne nécessite pas une poutre au vent intermédiaire.

4 Stabilité du réservoir sous le vent :**4.1 Données de calcul :**

- Poids du fond : 287 KN
- Poids du toit y compris accessoires : 109 KN
- Poids de la robe : 209 KN
- Poids d'escalier hélicoïdal : 11 KN
- Poids de tubulure sur la robe : 14 KN
- Poids de la robe y compris accessoires : 234 KN

Selon API 650 (5.11.2.1), les réservoirs non ancrés doivent satisfaire aux trois critères de soulèvement suivants:

- $0,6 M_w + M_{pi} < \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR}$
- $M_w + F_p(M_{pi}) < \frac{(M_{DL} + M_F)}{2} + M_{DLR}$
- $M_{ws} + F_p(M_{pi}) < \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR}$

Sachant que :

- M_w : Moment de basculement dû au vent ;
- M_{pi} : Moment dû à la pression intérieure = 0 ;
- M_{DL} : Moment dû au poids de la robe et de la structure supportée par la robe ;
- M_{DLR} : Moment dû au poids du toit y compris accessoires ;
- F_p : Coefficient de combinaison des pressions ;
- M_F : Moment dû au poids du liquide ;
- M_{wS} : Moment de reversement dû à la pression du vent vertical.

a. Calcul du M_w :

$$M_w = M_{wR} + M_{wS}$$

Avec :

- M_{wR} : Moment de reversement dû à la pression du vent horizontal ;

Calcul du M_{wR} :

$$M_{wR} = P_r \times S_{pR} \times L_R$$

$$M_{wR} = 0,86 \times \left(\frac{V}{190}\right)^2 \times D \times H \times \frac{H}{2}$$

$$M_{wR} = 0,86 \times \left(\frac{160}{190}\right)^2 \times 15 \times 9 \times \frac{9}{2} = 370,49 \text{ KN.m}$$

$M_{wR} = 370,49 \text{ KN.m}$

Tels que :

- P_r : Pression horizontale du vent sur la robe en (Kpa) ;
- S_{pR} : surface vertical projetée de la robe en (m^2) ;
- L_R : hauteur de centre de gravité de la robe en (m) ;
- V : vitesse du vent 160 km/h ;
- D : diamètre de réservoir 15 m ;
- H : hauteur de la robe 9 m.

Calcul du M_{ws} :

$$M_{ws} = P_T \times S_{pT} \times L_T$$

$$M_{ws} = 1,44 \left(\frac{V}{190} \right)^2 \times \pi \cdot R^2 \times (H + H_2)$$

$$M_{ws} = 1,44 \left(\frac{160}{190} \right)^2 \times \pi \cdot 7,5^2 \times (9 + 0,7506) = 1759,54 \text{ KN.m}$$

$$M_{ws} = 1759,54 \text{ KN.m}$$

Tels que :

- P_T : Pression verticale du vent sur le toit en (Kpa) ;
- S_{pT} : Surface horizontale projetée du toit en (m²) ;
- L_T : hauteur de centre de gravité du toit en (m) ;
- V : vitesse du vent 160km/h ;
- D : diamètre de réservoir 15m ;
- H : hauteur de la robe 9m ;
- H_2 : hauteur du toit 0,7506m.

Donc :

$$M_w = M_{wR} + M_{ws}$$

$$M_w = 370,49 + 1759,54 = 2130,03 \text{ KN.m}$$

$$M_w = 2130,03 \text{ KN.m}$$

Calcul du M_{DL} :

$$M_{DL} = M_{DLS} + M_{DLR}$$

$$\succ M_{DLS} = W_S \times R$$

$$\succ M_{DLR} = W_{RS} \times R$$

Avec :

- M_{DLS} : Moment dû au poids de la robe y compris accessoires ;
- M_{DLR} : Moment dû au poids du toit y compris accessoires ;
- W_S : Poids de la robe y compris accessoires = 234 KN ;
- W_{RS} : Poids du toit y compris accessoires = 109 KN ;
- R : Rayon du réservoir 7,5m.

$$\Rightarrow M_{DLS} = W_S \times R = 234 \times 7,5 = 1755 \text{ KN. m}$$

$$\Rightarrow M_{DLR} = W_{RS} \times R = 109 \times 7,5 = 817,5 \text{ KN. m}$$

$$M_{DL} = 1755 + 817,5 = 2572,5 \text{ KN. m}$$

$$M_{DL} = 2572,5 \text{ KN. m}$$

Calcul du M_F :

$$M_F = (W_L \times 2\pi \cdot R) \times R$$

$\Rightarrow$ Selon API 650 (5.11.2.3) :

$$W_L = 59 \cdot t_b \cdot \sqrt{F_{by} \cdot h}$$

$$W_L = 59 \times 6 \times \sqrt{205,8,650} = 14906,93 \text{ N/m}$$

$$W_L = 14,91 \text{ KN/m}$$

$$\text{A.N: } M_F = (14,91 \times 2\pi \times 7,5) \times 7,5 = 5269,63 \text{ KN.m}$$

Avec :

- W_L : Charge circonférentielle dû au poids du liquide ;
- R : Rayon du réservoir 7,5 m ;
- t_b : Épaisseur de la tôle marginale sans surépaisseur de corrosion 6 mm ;
- F_{by} : Limite élastique du matériau de la tôle marginale 205 MPa ;
- h : La hauteur du produit 8,650 m.

Tab.VI.3 : Résumé des résultats des moments

M_w (KN.m)	M_{pi} (KN.m)	M_{DL} (KN.m)	M_{DLR} (KN.m)	M_F (KN.m)	M_{ws} (KN.m)
2130,03	0	2572,5	817,5	5269,63	1759,54

4.2 Vérification de la première condition :

$$0,6M_w + M_{pi} < \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR}$$

$$\checkmark \quad 0,6M_w + M_{pi} = 0,6 \times 2130,03 + 0 = 1278,02 \text{ KN.m}$$

$$\checkmark \quad \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR} = \frac{2572,5}{1,5} + 817,5 = 2532,5 \text{ KN.m}$$

$$1278,02 \text{ KN.m} < 2532,5 \text{ KN.m}$$

4.3 Vérification de la deuxième condition :

$$M_w + F_p(M_{pi}) < \frac{(M_{DL} + M_F)}{2} + M_{DLR}$$

$$\checkmark \quad M_w + F_p(M_{pi}) = 2130,03 + 0 = 2130,03 \text{ KN.m}$$

$$\checkmark \quad \frac{(M_{DL} + M_F)}{2} + M_{DLR} = \frac{(2572,5 + 5269,63)}{2} + 817,5 = 4738,56 \text{ KN.m}$$

$$2130,03 \text{ KN.m} < 4738,56 \text{ KN.m}$$

4.4 Vérification de la troisième condition :

$$M_{ws} + F_p(M_{pi}) < \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR}$$

$$\checkmark \quad M_{ws} + F_p(M_{pi}) = 1759,54 + 0 = 1759,54 \text{ KN.m}$$

$$\checkmark \quad \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR} = \frac{2572,5}{1,5} + 817,5 = 2532,5 \text{ KN.m}$$

$$1759,54 \text{ KN.m} < 2532,5 \text{ KN.m}$$

→ Les trois conditions sont vérifiées.

⇒ Le bac est stable au vent et ne nécessite pas d'ancrage.

5 Stabilité du bac sous les effets des forces de glissement (cisaillement) dues aux pressions du vent :

Pour que le réservoir ne glisse pas sous l'effet du vent, il faut vérifier que : $F_f > F$

Sachant que :

- F : Les forces de vent ;
- F_f : les forces de frottement.

5.1 Calcul des forces du vent sur le bac :

$$F = P_r \times S_{pR} + P_T \times S_{pT}$$

$$F = 0,86 \times \left(\frac{v}{190}\right)^2 \times S_{pR} + 1,44 \times \left(\frac{v}{190}\right)^2 \times S_{pT}$$

$$F = 0,86 \times \left(\frac{v}{190}\right)^2 \times D.H + 1,44 \times \left(\frac{v}{190}\right)^2 \times \pi \frac{D^2}{4}$$

$$\text{A.N: } F = 0,86 \times \left(\frac{160}{190}\right)^2 \times 15 \cdot 9 + 1,44 \times \left(\frac{160}{190}\right)^2 \times \pi \frac{15^2}{4}$$

$$F = 262,79 \text{ KN}$$

Avec :

- P_r : Pression horizontale du vent sur la robe en (Kpa) ;
- S_{pR} : surface vertical projetée de la robe en (m²) ;
- P_T : Pression verticale du vent sur le toit en (Kpa) ;
- S_{pT} : surface horizontal projetée du toit en (m²) ;
- V : vitesse du vent 160km/h ;
- D : diamètre de réservoir 15m ;
- H : hauteur de la robe 9m.

5.2 Calcul des forces de frottement :

$$F_f = \mu \cdot (W_S + W_{RS} + W_f)$$

Avec :

- μ : Coefficient de frottement API650 (5.11.4) = 0,4 ;
- W_s : Poids de la robe y compris accessoires = 234 KN;
- W_{RS} : Poids du toit y compris accessoires = 109 KN ;
- W_f : Poids du fond = 287 KN.

$$F_f = 0,4 \times (234 + 109 + 287) = 252 \text{ KN}$$

$$F_f = 252 \text{ KN}$$

$$F_f = 252 \text{ KN} < F = 262,79 \text{ KN}$$

→ **Condition non vérifiée**

Les forces du vent sur le bac sont plus grandes que les forces de frottement.

⇒ Le bac n'est pas stable aux forces de glissement (cisaillement) et nécessite un ancrage.

6 Stabilité du réservoir au séisme :

Pour que notre réservoir soit stable aux forces sismiques et qu'il n'a pas besoin d'ancrage, il faut satisfaire les quatre conditions suivantes en utilisant API STD 650 (annexe E) et RPA 99 édition 2013 :

1- $J \leq 1,54$: API STD 650 (E6.2.1.1.1)

2- $t_a \leq t_{s1}$; API STD 650 (E6.2.1.1.2)

3- $L \leq L_s$; API STD 650 (E6.2.1.1.2)

4- $\sigma_c \leq F_c \leq F_{by}$; API STD 650 (E6.2.2)

Sachant que :

- J : Le rapport d'ancrage ;
- $t_a = 6\text{mm}$: Epaisseur de la tôle marginale sans la surépaisseur de corrosion ;
- $t_{s1} = 6\text{mm}$: Epaisseur de la première virole sans la surépaisseur de corrosion ;
- L : Largeur de la tôle marginale à l'intérieur du réservoir ;
- L_s : Largeur minimale de la tôle marginale à l'intérieur du réservoir ;
- σ_c : Contrainte longitudinale maximale de la compression sous la robe ;
- F_c : Contrainte longitudinale admissible de la compression sous la robe ;

- $F_{by} = 205 \text{ Mpa}$: Limite élastique du matériau de la tôle marginale.

6.1 Données de calcul du site de l'ouvrage:

- Zone sismique : - **II b** ; RPA99 (3.1)
- Groupe d'utilisation sismique (SUG) : - **SUG III** ; API 650 (E.3.1.1)
- Code de calcul : API STD 650, annexe E
- Classe de site : - **D** ; API 650 (tab E.3).

6.2 Calcul de J :

Selon API 650 (E.6.2.1.1.1)

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 \times [W_t(1 - 0,4 \times A_v) + W_a - 0,4 \times W_{int}]}$$

Tels que :

- M_{rw} : Le moment de renversement en (N.m) ;
- $D = 15\text{m}$: Diamètre du réservoir ;
- W_t : Poids de la robe y compris accessoires plus poids du toit y compris accessoires plus 10% de la charge de neige par unité de la longueur de circonférence de la robe.
- A_v : Coefficient d'accélération verticale de tremblement de terre (%g) ;
- W_a : La force résistante de contenu de bac par unité de longueur de circonférence de la robe, qui sert à résister au moment de renversement de la robe ;
- W_{int} : La charge de soulèvement dû à la pression du produit par unité de longueur circonférentielle.

6.2.1 Calcul du M_{rw} :

Suivant API 650 (E.6.1.5) : Le moment de renversement du bac au niveau de la galette en béton est donné par :

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2}$$

Tels que :

- A_i : Coefficient d'accélération de spectre de réponse impulsive (%g) ;

- **A_c** : Coefficient d'accélération de spectre de réponse convective (%g) ;
- **W_i** : Poids effectif de la partie impulsive de produit ;
- **W_s = 234 KN** : Poids total de la robe y compris accessoires ;
- **W_r** : Poids total du toit de bac y compris accessoires plus 10% de la charge de conception de la neige ;
- **W_c** : Poids effectif de la partie convective (agitée) de produit ;
- **X_i** : Hauteur depuis le fond du bac jusqu'au centre des actions des forces sismiques latérales, correspondant à la force impulsive de produit ;
- **X_s = 4,5m** : Hauteur depuis le fond du bac jusqu'au centre de gravité de la robe ;
- **X_r = 9,7506m** : Hauteur depuis le fond jusqu'au centre de gravité du toit ;
- **X_c** : Hauteur depuis le fond du bac jusqu'au centre des actions des forces sismiques latérales, correspondant à la force convective de produit.

6.2.1.1 Calcul de **A_i** :

Selon API 650(E.4.6.1-1)

$$A_i = 2,5 \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \cdot \left(\frac{I}{R_{wi}} \right)$$

Tels que :

- **Q = 1** : [API 650 (E.4.6.2-1)] : Facteur d'échelle à partir de la méthode MCE (pour un maximal tremblement de terre) jusqu'aux accélérations de conception de niveau de spectre et pour les sites non définis en ASC7 (régions définies dans les USA) ;
- **F_a = 1,2** : [API 650 (tabl E.1)] : Coefficient d'accélération basée sur le site, à une période de 0,2 seconde ;
- **S₀ = S_P = 0,40** : [RPA (tabl 4.1)] : Paramètre d'accélération de spectre de réponse à zéro (0) seconde pour un maximal tremblement de terre considéré, atténuée à 5%, basé sur la carte géographique du site ;
- **S_P** : coefficient d'accélération de zone pour les sites non adressés par ASC7 ;
- **I = 1,5** : [API 650 (tabl E.5)] : Coefficient de facteur d'importance ;
- **R_{wi} = 4** : [API 650 (tabl E.4)] : facteur de réduction de force.

Donc:

$$A.N: A_i = 2,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{1,5}{4} \right) = 0,45\%g$$

6.2.1.2 Calcul de A_c :*Selon API 650 (E.4.6.1-4)***➤ Si $T_c \leq T_L$:**

$$A_c = 2,5 \cdot K \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \cdot \left(\frac{T_s}{T_c} \right) \cdot \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \leq A_i$$

*Selon API 650 (E.4.6.1-5)***➤ Si $T_c > T_L$**

$$A_c = 2,5 \cdot K \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \cdot \left(\frac{T_s \cdot T_L}{T_c^2} \right) \cdot \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \leq A_i$$

Tels que :

- T_c : Période naturelle de comportement du liquide pour le mode convectif en (s) ;
- $T_L = 4s$: [API 650 (E.4.6.1)] : Période de transition (dépend de la région) pour la plus longue période de tremblement de terre ;
- $K = 1,5$: [API 650 (E.2.2)] : Coefficient d'ajustement (d'amortissement) de l'accélération de spectre de 5% à 0,5% ;
- $R_{wc} = 2$: [API 650 (tabl E.4)] : facteur de réduction de force pour le mode convectif, en utilisant les méthodes de conception de contrainte admissible ;
- $T_s = (F_v \times S_1) / (F_a \times S_s)$: [API 650 (E.2.2)] en (s).

✓ Calcul du T_c :*Selon API 650 (E.4.5.2-a)*

$$T_c = 1,8 \cdot K_s \cdot \sqrt{D} = 1,8 \times 0,58 \sqrt{15} = \mathbf{4,04 \text{ s}}$$

Avec :

- $K_s = 0,58$: [API 650 (Fig EC.6)] : Coefficient de période de tremblement ;
- $D = 15m$: Diamètre de réservoir.

✓ Calcul du T_s :

$$T_s = (F_v \times S_1) / (F_a \times S_s) = (1,5 \times 0,5) / (1,2 \times 1) = \mathbf{0,625 \text{ s}}$$

Avec :

- $S_1 = 1,25 \cdot S_P = 1,25 \cdot 0,4 = 0,5 \text{ \%g}$: [API 650 (tabl E.4.3-2)] ;
- $S_S = 2,5 \cdot S_P = 2,5 \cdot 0,4 = 1 \text{ \%g}$: [API 650 (tabl E.4.3-1)] ;
- $F_v = 1,5$: [API 650 (tabl E.2)] ;
- $F_a = 1,2$: [API 650 (tabl E.1)] ;

On a : $T_c = 4,04s > T_L = 4s$

Donc:

$$A_c = 2,5 \cdot K \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \cdot \left(\frac{T_s \cdot T_L}{T_c^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{R_{wc}} \right) \leq A_i$$

$$A_c = 2,5 \times 1,1 \times 1 \times 1,2 \times 0,4 \times \left(\frac{0,625 \cdot 4}{4,04^2} \right) \left(\frac{1,5}{2} \right) = 0,15\%g \leq A_i = 0,45\%g$$

$$A_c = 0,15\%g \leq A_i = 0,45\%g$$

$A_c = 0,15\%g$

6.2.1.3 Calcul du W_i :

Selon API 650 (E6.1.1-2)

$$W_i = \left(1 - 0,218 \cdot \frac{D}{H} \right) \cdot W_p$$

$$W_i = \left(1 - 0,218 \times \frac{15}{9} \right) \times 14\,995,38$$

$W_i = 9\,547,06 \text{ KN}$

Avec:

- $W_p = \pi \cdot h \cdot \rho \cdot g = \pi \times 8,650 \times 1000 \times 9,81 = 14\,995\,381,33 \text{ N}$

= 14 995,38 KN : Poids du produit stocké ;

- $D = 15 \text{ m}$: Diamètre de réservoir ;
- $R = 7,5 \text{ m}$: Rayon de réservoir ;
- $H = 9 \text{ m}$: Hauteur de réservoir ;
- $h = 8,650 \text{ m}$: Hauteur du produit ;
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$: Masse volumique du produit ;
- $g = 9,81 \text{ N/Kg}$: La gravité.

6.2.1.4 Calcul du W_c :*Selon API 650 (E6.1.1-3)*

$$W_c = \left(0,230 \frac{D}{H} \tanh \left(\frac{3,67 \cdot H}{D} \right) \right) \cdot W_p$$

$$W_c = \left(0,230 \times \frac{15}{9} \times \tanh \left(\frac{3,67 \cdot 9}{15} \right) \right) \times 14995,38$$

$$W_c = \left(0,230 \times \frac{15}{9} \times 0,98 \right) \times 14995,38 = 5748,23 \text{ KN}$$

$W_c = 5\,633,26 \text{ KN}$

Avec:

- $\tanh$: tangente hyperbolique en radian;
- $D = 15 \text{ m}$: Diamètre du réservoir;
- $H = 9 \text{ m}$: Hauteur du réservoir;
- $W_p = 14\,995,38 \text{ KN}$: Poids du produit stocké.

6.2.1.5 Calcul du X_i et X_c :*Selon API 650 (E6.1.2.1-2)*

$$X_i = \left(0,5 - 0,094 \frac{D}{H} \right) H$$

$$X_i = \left(0,5 - 0,094 \times \frac{15}{9} \right) \times 9 = 3,09$$

$X_i = 3,1 \text{ m}$

Selon API 650 (E6.1.2.1-3)

$$X_c = \left[1 - \frac{\left[\cosh \left(\frac{3,67 \times H}{D} \right) - 1 \right]}{\frac{3,67 \times H}{D} \times \sinh \left(\frac{3,67 \times H}{D} \right)} \right] \times H$$

$$X_c = \left[1 - \frac{\left[\cosh \left(\frac{3,67 \times 9}{15} \right) - 1 \right]}{\frac{3,67 \times 9}{15} \times \sinh \left(\frac{3,67 \times 9}{15} \right)} \right] \times 9$$

$$X_c = \left[1 - \frac{[4,58 - 1]}{2,202 \times 4,47} \right] \times 9 = 5,73 \text{ m}$$

$X_c = 5,73 \text{ m}$

Avec :

- **cosh et sinh** : En radian ;
- **D** = 15m : Diamètre du réservoir ;
- **H** = 9m : Hauteur du réservoir.

6.2.1.6 Calcul du W_r :

Selon API 650 (E2.2)

$$W_r = W_{RS} + 10\% (Q_n \times S_t)$$

$$W_r = 109 + \frac{10}{100} \times (0,0064 \times 177,8) = 109,11 \text{ KN}$$

$$W_r = 109,11 \text{ KN}$$

Avec :

- **$W_{RS} = 109 \text{ KN}$** : Poids du toit y compris accessoires ;
- **$Q_n = 0,0064 \text{ KN/m}^2$** : Surcharge de la neige ;
- **$S_t = 177,80 \text{ m}^2$** : Surface du toit.

Tab.VI.4 : Résumé des valeurs pour le calcul du M_{rw}

Elément	Valeur (KN)	Elément	Valeur (m)	Elément	Valeur (%g)
Wi	9 547,06	X_i	3,1	A_i	0,45
Ws	234	X_s	4,5	A_c	0,15
Wc	5 633,26	X_c	5,73		
Wr	109,11	X_r	9,75		

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2}$$

Application Numérique :

$$M_{rw} = \sqrt{[0,45 (9547,06 \times 3,1 + 234 \times 4,5 + 109,11 \times 9,75)]^2 + [0,15(5633,26 \times 5,73)]^2}$$

$$M_{rw} = 15\,069,71 \text{ KN.m}$$

6.2.2 Calcul du W_t :

Selon API 650 (E6.2.1.1.1-2)

$$W_t = \left(\frac{W_s}{\pi D} + \frac{W_r}{\pi D} \right)$$

$$W_t = \left(\frac{234}{\pi \cdot 15} + \frac{109,11}{\pi \cdot 15} \right) = 7,28 \text{ KN/m}$$

$$W_t = 7,28 \text{ KN/m}$$

6.2.3 Calcul du W_a :

Selon API 650 (E6.2.1.1-1a)

$$W_a = 99 \cdot t_a \cdot \sqrt{(F_{by} \cdot H \cdot G_e)}$$

Tels que :

- $t_a = 6\text{mm}$: L'épaisseur de la tôle marginale sans surépaisseur de corrosion ;
- $F_{by} = 205 \text{ MPa}$: Limite élastique du matériau de la tôle marginale ;
- $H = 9\text{m}$: Hauteur de réservoir ;
- G_e : Gravité spécifique en considérant les effets verticaux du séisme.

✓ Calcul de G_e :

$$G_e = (1 - 0,4 \times A_v) = (1 - 0,4 \times 0,564) = 0,774$$

Avec :

Selon API 650 (E2.2)

- $A_v = 0,47 \times S_{ds} = 0,47 \times 1,2 = 0,564\%g$: Coefficient d'accélération verticale de tremblement de terre ;
- $S_{ds} = Q \times F_a \times S_s = 1 \times 1,2 \times 1 = 1,2\%g$: Paramètre d'accélération de spectre de réponse, atténuée à 5% à 0,2 seconde, basé sur la méthode ASC7.

Donc:

$$W_a = (99 \cdot 6) \sqrt{(205 \cdot 9 \cdot 0,774)} = 22\,446,83 \text{ N/m}$$

$$W_a = 22,45 \text{ KN/m}$$

6.2.4 Calcul du W_{int} :*Selon API 650 (E2.2)*

$$W_{int} = \frac{\rho \times g \times h}{\pi \cdot D}$$

$$W_{int} = \frac{1000 \times 9,81 \times 8,650}{\pi \times 15} = 1\,800,71 \text{ N/m}$$

$$W_{int} = 1,8 \text{ KN/m}$$

Tels que :

- **h** = 8,650 : Hauteur du produit ;
- **ρ** = 1000 kg/m³ : Masse volumique du produit ;
- **g** = 9,81 N/Kg : La gravité ;
- **D** = 15m : Diamètre de réservoir.

Application Numérique :

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 \times [W_t(1 - 0,4 \times A_v) + W_a - 0,4 \times W_{int}]}$$

$$J = \frac{15\,069,71}{15^2 \times [7,28 \times (1 - 0,4 \times 0,564) + 22,45 - 0,4 \times 1,8]}$$

$$J = 2,45$$

6.3 Calcul de L :*Selon API 650 (E6.2.1.1.2-1a)*

$$L = 0,01723 \cdot t_a \cdot \sqrt{\frac{F_{by}}{H \times G_e}}$$

$$L = 0,01723 \cdot 6 \cdot \sqrt{\frac{205}{9 \times 0,774}} = 0,561 \text{ m}$$

$$L = 0,561 \text{ m}$$

Tels que :

- **t_a** = 6 mm ; **F_{by}** = 205 Mpa ; **H** = 9m ; **G_e** = 0,774.

6.4 Calcul du L_s :*Selon API 650 (E6.2.1.1.2)*

$$L_s = 0,035 \times D = 0,035 \times 15 = 0,525$$

$L_s = 0,525 \text{ m}$

6.5 Calcul du σ_c :

Selon API 650 (E6.2.2.2-1a)

$$\sigma_c = \left(W_t \cdot (1 + 0,4 \cdot A_v) + \frac{1,273 \cdot M_{rw}}{D^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{1000 \cdot t_s} \right)$$

$$\sigma_c = \left(7,28 \cdot (1 + 0,4 \times 0,564) + \frac{1,273 \times 15069,71}{15^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{1000 \times 6} \right)$$

$$\sigma_c = 0,01570 \text{ KN/mm}^2$$

$\sigma_c = 15,70 \text{ Mpa}$

Tels que :

- $W_t = 7,28 \text{ KN/m}$;
- $A_v = 0,564 \text{ \%g}$;
- $M_{rw} = 15\,096,71 \text{ KN.m}$;
- $D = 15\text{m}$;
- $t_s = 6\text{mm}$: Epaisseur de la première virole sans la surépaisseur de corrosion.

6.6 Calcul du F_c :

Selon API 650 (E6.2.2.3-2a)

On a : $G \cdot H \cdot \frac{D^2}{t_s^2}$

$$1 \times 9 \times \frac{15^2}{6^2} = 56,25 > 44$$

Donc : $F_c = 83 \frac{t_s}{D}$

$$F_c = 83 \times \frac{6}{15}$$

$$F_c = 33,2 \text{ MPa}$$

Avec :

- $G = 1$: Densité du produit ;
- $D = 10m$;
- $H = 9m$;
- $t_s = 6mm$;
- $F_{by} = 205 \text{ Mpa}$.

Tab.VI.5 : Résumé des valeurs pour la vérification des conditions

J	t_a (mm)	t_{s1} (mm)	L (m)	L_s (m)	σ_c (MPa)	F_c (MPa)
2,45	6	6	0,561	0,525	15,70	33,2

7 Vérification des conditions :

7.1 Vérification de la première condition :

Les forces résistantes au moment de renversement Mrw , sont adéquates pour la stabilité du bac, ça veut dire que le rapport d'encrage $J \leq 1,54$.

On a : $J = 2,45 > 1,54$

✓ Condition non vérifiée

7.2 Vérification de la deuxième condition :

L'épaisseur de la tôle marginale ne doit être pas supérieure à l'épaisseur de la première virole $t_a \leq t_{s1}$.

On a : $t_a = 6 \text{ mm} \leq t_{s1} = 6 \text{ mm}$.

✓ Condition vérifiée

7.3 Vérification de la troisième condition :

Si l'épaisseur de la tôle marginale du fond est supérieure ou égale à l'épaisseur de la tôle centrale du fond ; donc, La largeur de la tôle marginale du fond, à l'intérieur du bac, doit être inférieure ou égale à la largeur minimale de la tôle marginale du fond, à l'intérieur du bac $L \leq L_s$.

On a : $L = 0,561 \text{ m} > L_s = 0,525 \text{ m}$.

✓ Condition non vérifiée

7.4 Vérification de la quatrième condition :

La contrainte longitudinale maximale de la compression sous la robe doit être inférieure ou égale à la contrainte longitudinale admissible de la compression sous la robe et cette dernière doit être inférieure ou égale à la moitié de la limite élastique du matériau de la tôle marginale $\sigma_c \leq F_c \leq 0,5.F_{by}$.

On a : $\sigma_c = 15,7 \text{ MPa} \leq F_c = 33,20 \text{ MPa} \leq 0,5.F_{by} = 102,5 \text{ MPa}$

✓ Condition vérifiée

8 Calcul d'ancrage :

Quand un réservoir n'est pas auto stable il nécessite un ancrage mécanique avec la méthode des tiges ou bien avec les attaches, comme on peut combiner les deux méthodes.

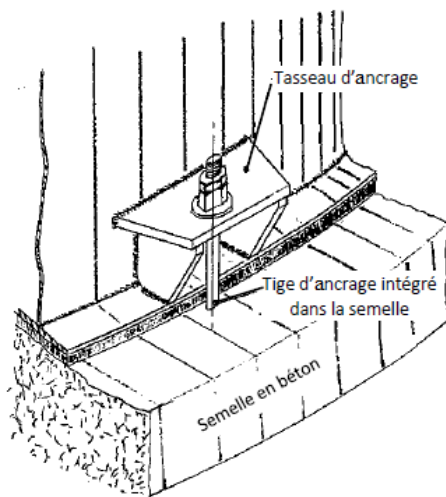


Fig.VI.3 : Ancrage avec les tiges

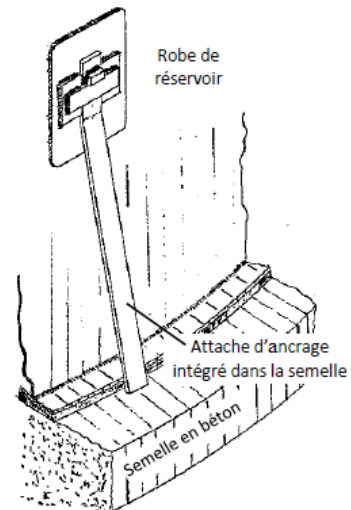


Fig.VI.4 : Ancrage avec les attaches

8.1 Caractéristiques d'ancrage avec les tiges :

Selon API 650 (E.7.1.2)

- a- **Nbre des tiges d'ancrage** : Lorsqu'un ancrage mécanique est requis, au moins **six (06)** ancrages doivent être fournis. L'espacement entre les ancrages ne doit pas dépasser **3 m**.
- b- **Diamètre minimal des tiges d'ancrage** : Le diamètre minimum de tige d'ancrage ne doit pas être inférieur à **25mm**, plus une surépaisseur de corrosion d'au moins **6mm**, donnant un diamètre minimum de **31mm**.

D'après API 650 (E.6.2.1.2)

c- Contrainte admissible d'ancrage :

La contrainte supportée par une seule tige ne doit être pas dépassé **80%** de la limite élastique de matériau utilisé des tiges d'ancrage.

8.2 Dimensionnement des tiges d'ancrage :

• Calcul de la charge de soulèvement sur les tiges d'ancrage W_{AB} :

D'après API 650 (E.6.2.1.2-1)

$$W_{AB} = \frac{1,273 \times M_{rw}}{D^2} - W_t(1 - 0,4 \cdot A_v)$$

Tels que :

▪ W_{AB} : Charge de soulèvement de réservoir calculée sur les ancrages par unité de longueur circonférentielle ;

▪ $M_{rw} = 15\,096,71 \text{ KN} \cdot \text{m}$;

▪ $D = 15 \text{ m}$; $W_t = 7,28 \text{ KN/m}$; $A_v = 0,564 \%g$.

$$W_{AB} = \frac{1,273 \times 15\,096,71}{15^2} - 7,28 (1 - 0,4 \times 0,564)$$

$$W_{AB} = 79,78 \text{ KN/m}$$

Calcul du nombre des tiges d'ancrage n_A :

$$n_A = \frac{\pi \cdot D}{d_A}$$

Avec :

▪ n_A : Nbre des tiges d'ancrage ;

▪ $d_A = 0,8 \text{ m}$: Espacement entre les tiges d'ancrage ;

▪ $D = 15 \text{ m}$.

$$n_A = \frac{\pi \cdot 15}{0,8} \approx 59$$

$$n_A = 59 \text{ tiges}$$

Calcul de la charge du réservoir sur une tige d'ancrage P_{AB} :

$$P_{AB} = W_{AB} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{n_A} \right)$$

$$P_{AB} = 79,78 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 15}{59}\right) = 63,72 \text{ KN}$$

$$P_{AB} = 63,72 \text{ KN}$$

Diamètre et nuance des tiges d'ancrage :

On choisit des tiges de diamètre égal à **30 mm** en acier de construction **S355**.

➤ Caractéristiques des tiges choisies :

- Limite élastique : $\sigma_e = 340 \text{ MPA}$;

- Section de la tige : $S_A = 561 \text{ mm}^2$.

➤ Vérification de la résistance des tiges choisies :

Pour que les tiges choisies soit acceptable ils doivent satisfaire la condition suivante :

$$\frac{P_{AB} \times 1000}{S_A} < 80\% \cdot \sigma_e$$

$$\frac{63,72 \times 1000}{561} < 80\% \cdot 340$$

$$113,6 \text{ MPa} < 272 \text{ MPa}$$

✓ Condition vérifiée

⇒ Les tiges d'ancrages choisies résistent aux charges dues à une force sismique et aux charges de glissement (cisaillement).

9 Conclusion:

Le réservoir est stable aux vents mais instable aux forces de glissement (cisaillement) du vent. En outre, la première et la troisième condition de la stabilité au séisme ne sont pas vérifiées, donc l'ancrage précisé ci-dessus est indispensable.

CHAPITRE VII

GAMME DE FABRICATION

CHAPITRE VII: GAMME DE FABRICATION

1 Introduction :

Dans ce chapitre, certains des aspects les plus importants de la fabrication de notre réservoir sont résolus, ainsi que des conseils sur les bonnes pratiques qui devraient être observées.

2 Codes et règlements :

- API 650 ;
- Normes **ASME** ;
- Normes **ANSI** ;
- Plans et documents de l'engineering.

3 Procédure de fabrication :

3.1 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 (WPS).

3.2 Traçage :

Le traçage consiste à l'élaboration des croquis et épures sur la base des plans d'engineering.

3.3 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.

3.4 Fabrication :

3.4.1 Tôlerie :

Le responsable devra s'assurer que toutes les tôles fournies sont à la qualité et aux dimensions requises (longueur, largeur et épaisseur).

➤ Tolérances :

Avant le découpage des tôles brutes, il faut une vérification dimensionnelle des tôles.

Les tolérances de découpage seront les suivantes :

- Largeur : $\pm 1,5$ mm
- Longueur : ± 2 mm.
- En diagonale : ± 3 mm.

➤ **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 -6.12). Les tôles débité sont contrôlées et identifiées par un marquage.

➤ **Chanfreinage ou traçage 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 chanfreinage. Les tôles autres que celles des viroles (cloison, couronnes, renforts, poutre au vent etc...), passe au traçage pour être découpées aux dimensions requises.

➤ **Cintrage des tôles :**

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 sera posée sur berceaux ayant le même rayon de cintrage dont la charge utile ne dépasse pas 20 T.



Fig.VII.1 Machine de cintrage

➤ **Perçage :**

Les tôles, si c'est requis sont percées sur machine ou par poinçonnage.

4 Fabrication des tôles du réservoir :

Les tôles de réservoir qu'on va utiliser sont de format : $6280 \times 1830 \times e$

4.1 Traçage et découpage :

a. Tôlerie du fond :

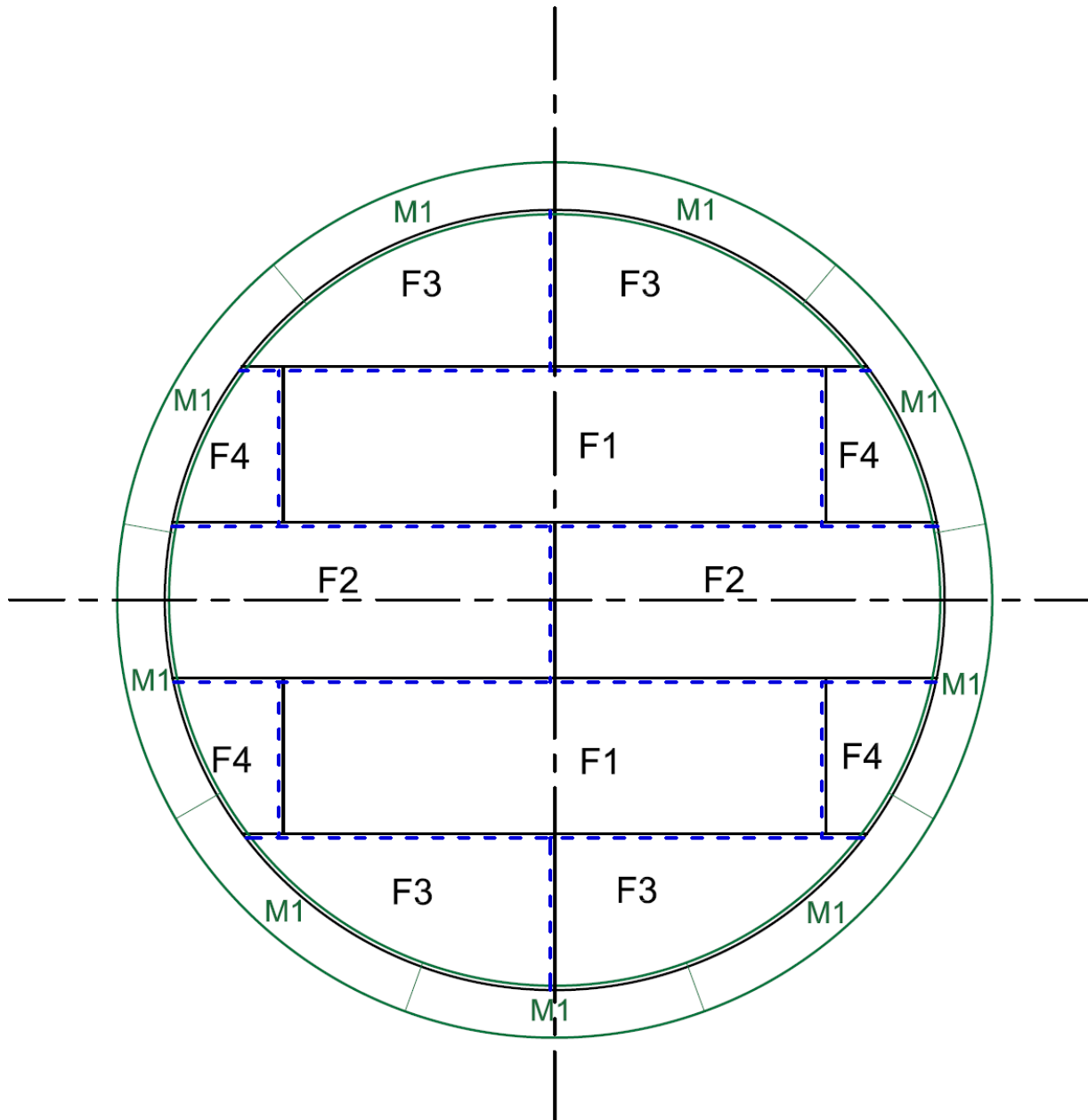
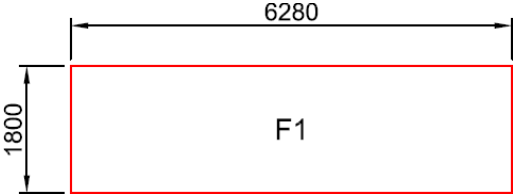
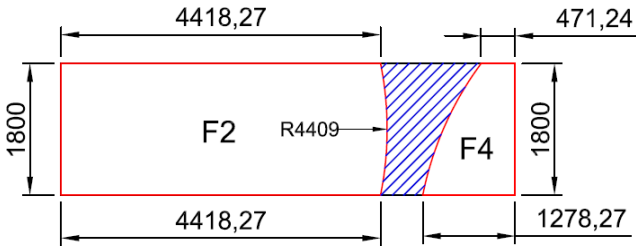
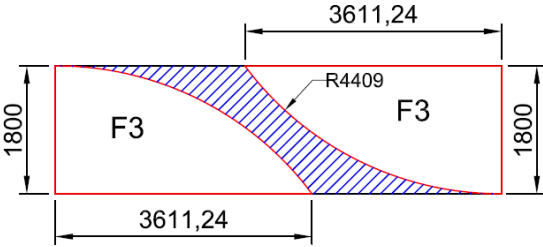
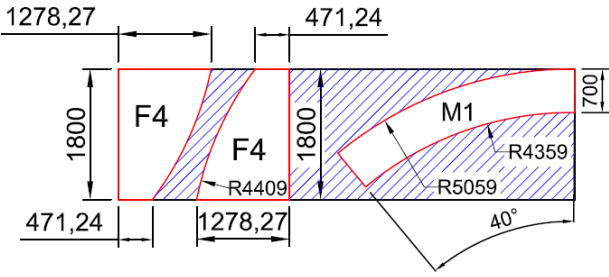
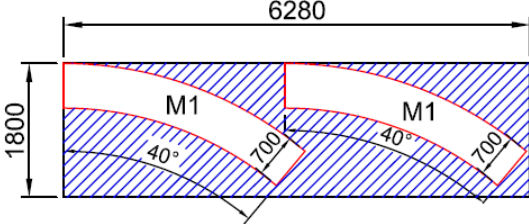


Fig.VII.2 : Vue en plan des tôles du fond préfabriquées

Tab.VII.1 : Traçage et découpage des tôles du fond

Rep-ère	Nbr	Désignation	Croquis et cotes	Machines ou outils
F1	02	A283 GR C Ep = 9mm		Pointe à tracer Cisaille
F2	02	A283 GR C Ep = 9mm		Pointe à tracer
F4	02			Cisaille
F3	04	A283 GR C Ep = 9mm		Pointe à tracer Cisaille
F4	02	A283 GR C Ep = 9mm		Pointe à tracer
M1	01			Cisaille
M1	08	A283 GR C Ep = 9mm		Pointe à tracer Cisaille

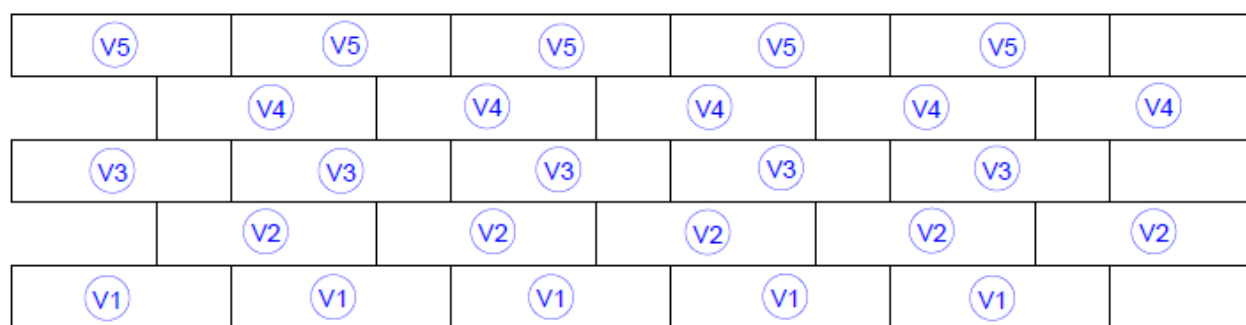
b. Tôlerie de la robe :

Fig.VII.3 : Vue en plan des tôles de la robe préfabriquées

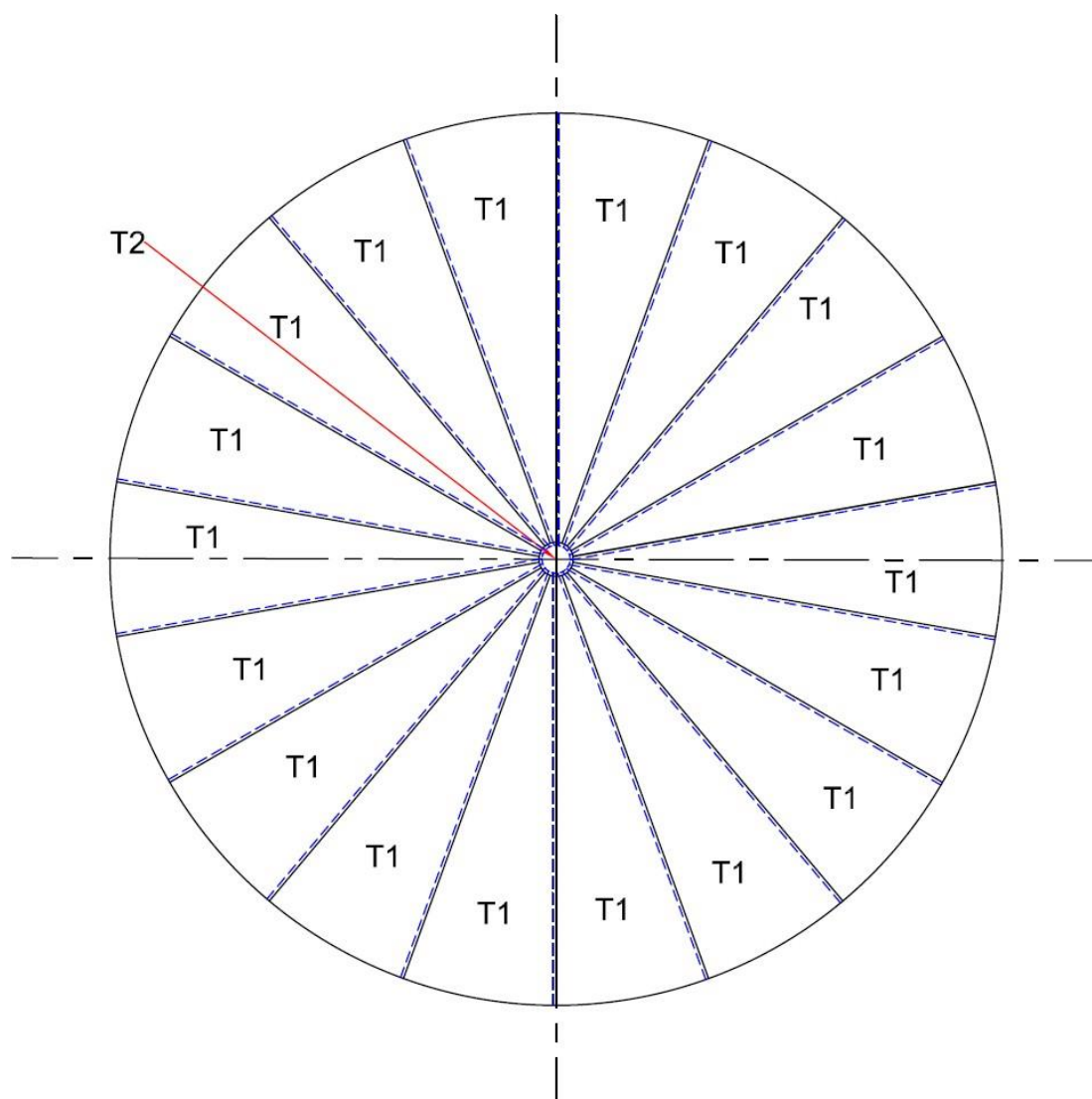
c. Tôlerie du toit :

Fig.VII.4 : Vue en plan des tôles du toit préfabriquées

4.2 Chanfreinage :

d. Tôle marginale du fond :

Les soudures bout à bout sur des pièces non chanfreinées de 5 à 6 mm, lessoudures peuvent être sur des pièces non chanfreinées.

Au-delà de 6 mm, il faut réaliser des chanfreins sur les rives d'assemblage, le talon (C) devant être égal de 2 à 3 mm.

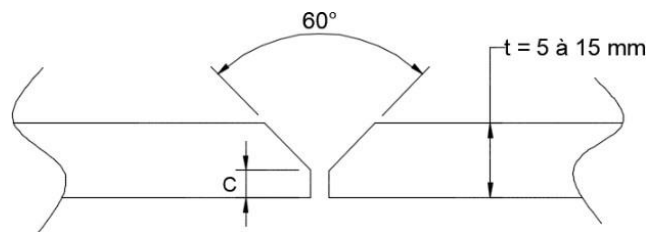


Fig.VII.5 : Chanfreinage en V

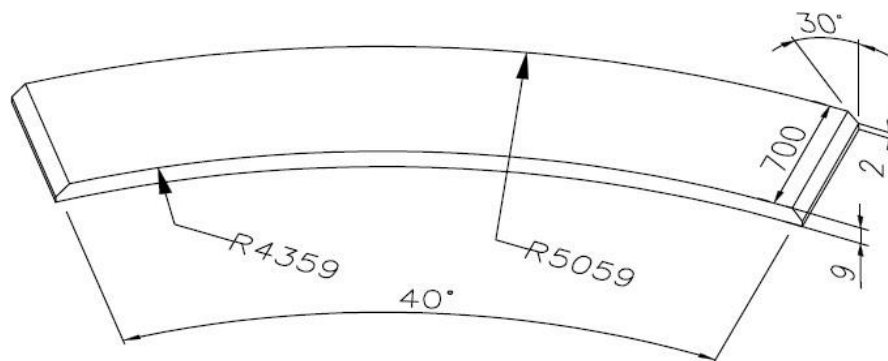


Fig.VII.6 : Chanfreinage de la tôle marginale

e. Tôles de la robe :

Le chanfreinage des tôles de la première virole et la deuxième virole seront comme montré dans les deux figures ci-dessous :

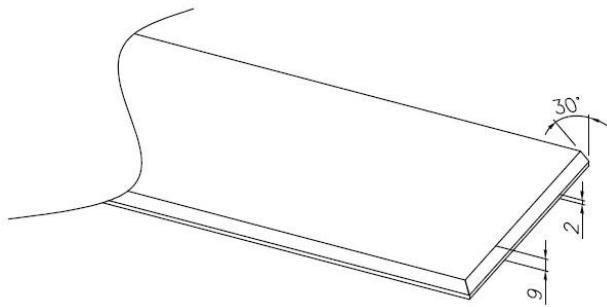


Fig.VII.7 : Chanfreinage des tôles de la première virole

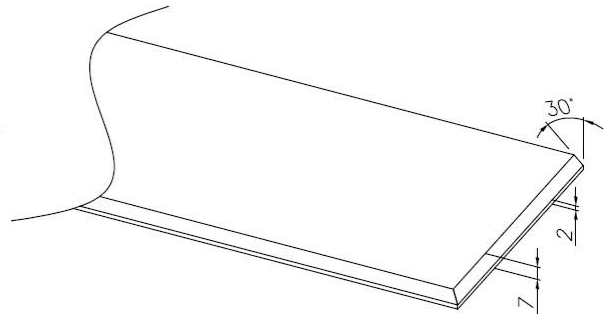


Fig.VII.8 : Chanfreinage des tôles de la deuxième virole

4.3 Cintrage :**f. Tôles de la robe :**

Toutes les tôles des viroles seront cintrées comme suit :

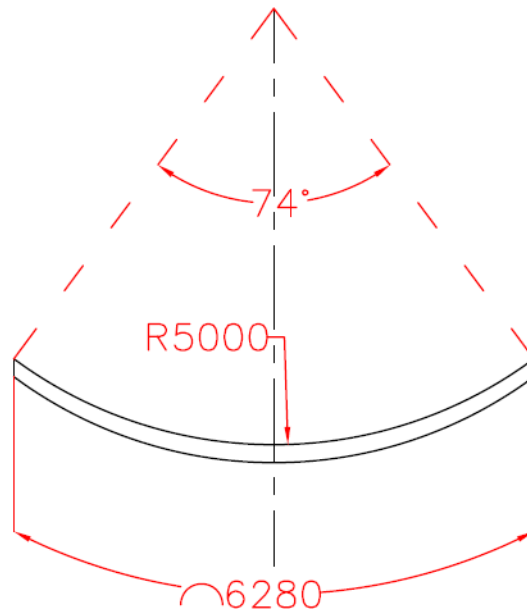


Fig.VII.9 : Cintrage des tôles de la robe

5 Conclusion :

Cette préfabrication peut avoir lieu en atelier, dans un chantier externe, à l'écart de l'emplacement d'assemblage final ou même sur le site de la construction.

CHAPITRE VIII

ACCESSOIRES

DU

RESERVOIR

CHAPITRE VIII: ACCESSOIRES DU RESERVOIR

1 Introduction :

Pour une meilleure utilisation du réservoir, il faut ajouter les accessoires tels que les ouvertures de la robe : trous d'homme, tubulures et porte visite. Pour assurer la liberté de circulation des opérateurs sur et autour du réservoir, on équipe le réservoir avec un escalier hélicoïdal et une passerelle de passage.

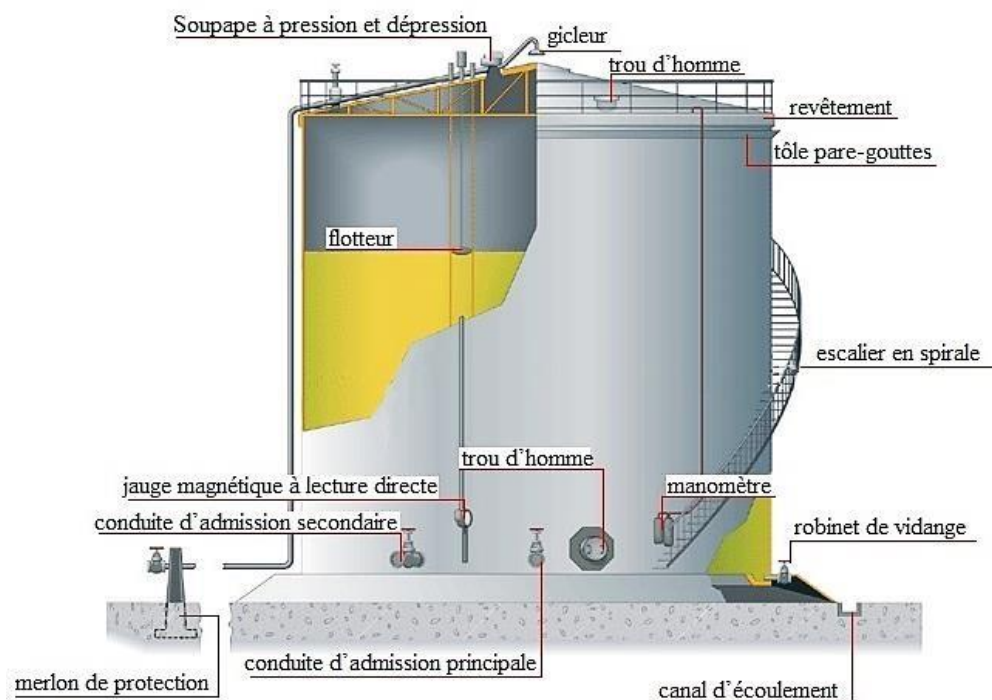


Fig.VIII.1 : Les différents accessoires d'un réservoir à toit fixe

2 Description des accessoires :

2.1 Trou d'homme :

2.1.1 Sur la robe :

D'après la norme API 650, tableau 5.6.a. Le trou d'homme sur la 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 de diamètre 558mm. Il est constitué d'une tôle de renforcement de longueur 1155mm et de largeur 1405mm, d'un segment de tube, d'une bride, d'un couvercle (bride pleine) et accessoires (joint d'étanchéité, boulons, écrous, rondelles, ...etc.).

2.1.2 Sur le toit :

Ses caractéristiques sont identiques à celui de la robe.

- 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.

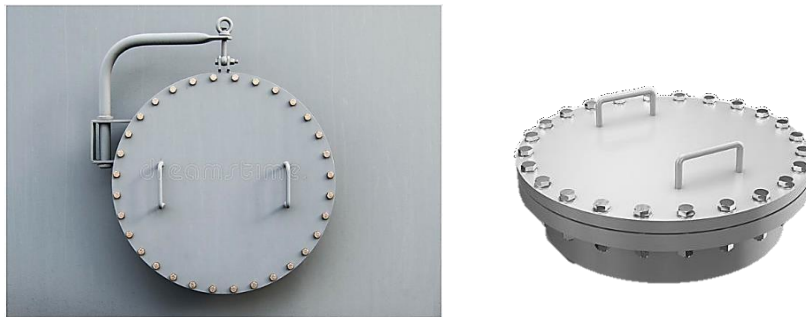


Fig.VIII.2 : Trou d'homme

2.2 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. Tous les éléments des tubulures seront préfabriqués dans l'atelier.

2.2.1 Tubulure de la sortie :

Après calcul de débit total (chapitre II), on a trouvé que la tubulure d'aspiration du produit est de diamètre 355 mm, doit se composer d'un segment et d'une bride soudée avec le joint d'étanchéité.



Fig.VIII.3 : Tubulure

2.3 Porte Visite :

Appelée souvent « porte boulonnée » et renforcée 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 des grandes tailles. Elle se situe au niveau du fond avec une forme de demi-cercle.

2.4 Cuvette du fond :

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

2.5 Escalier hélicoïdal :

L'escalier hélicoïdal est utilisé pour accéder au réservoir. Il commence au mur de la robe et s'élève progressivement par les plates-formes intermédiaires jusqu'au toit du réservoir. Le support pour l'escalier est habituellement réalisé par des supports inclinés soudés sous chaque plate-forme intermédiaire.

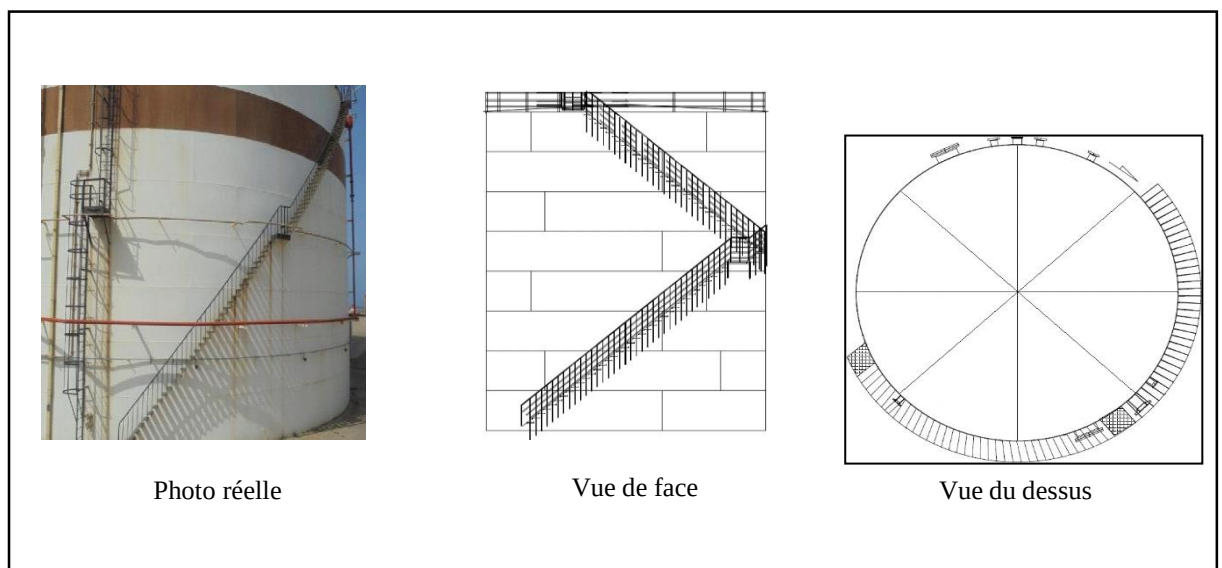


Fig.VIII.4 : Escalier hélicoïdal

3 Conclusion :

Seuls les accessoires les plus importants ont été utilisés et non ceux imposés par, API 650 STD, car le reste des accessoires n'affecte pas le bon fonctionnement du réservoir.

CHAPITRE IX

SPECIFICATIONS DU PROCEDE DE SOUDAGE

CHAPITRE IX: SPECIFICATION DU PROCEDE DE SOUDAGE**1 Introduction :**

Le soudage est un procédé qui permet d'assembler des pièces par liaison intime de lamatière, obtenue par fusion ou plastification.

Le soudage implique donc :

- L'existence d'une source de chaleur suffisante pour obtenir la fusion du matériau. Elle peut être d'origine électrique (résistance, arc, plasma), chimique (combustion de gaz), mécanique (friction) ;
- Une aptitude du matériau à être soudé, appelée soudabilité. La soudabilité à haute température dépend des qualités propres du matériau, mais également de divers paramètres limitatifs, tels que :
 - * Les modifications de la structure physico-chimique du matériau,
 - * L'apparition de fissurations et de criques au refroidissement,
 - * L'apparition de déformations géométriques dues aux effets de dilatation et retrait,
 - * La naissance de contraintes internes,
 - * Etc...,

Ce qui nécessite donc de prendre une série de précautions sur lesquelles nousreviendrons plus loin.

A. Soudage des tôles :**2 Précautions pour obtenir une bonne soudure :****2.1 Propreté :**

Les contaminants organiques (**huile, graisse, peinture, etc...**), la rouille et l'entartrage ou l'humidité peuvent causer de la porosité.

2.2 Qualité du métal d'apport :

Le métal d'apport (**électrode ou fil**), doit avoir des propriétés mécaniques égales ou supérieures à celles du métal de base (continuité des efforts transmissibles).

2.3 Conception conjointe :

Pour éviter les brûlures, les plaques à souder sont généralement soit collées les unes aux autres, soit une plaque de retenue est utilisée.

2.4 Nombre de passes :

Il peut s'avérer nécessaire de réaliser le cordon en plusieurs passes. En général dès que la dimension de la gorge dépasse 5 mm il est nécessaire de faire plus d'un passage.

2.5 Précautions constructives :

Le soudage de l'acier exige des températures élevées qui vont provoquer une dilatation locale des pièces. Lors du refroidissement de la zone du cordon de soudure, le retrait va :

- Soit provoquer des déformations dans les pièces, si ces dernières sont librement dilatables (Fig.VIII.1) ;
- Soit générer des contraintes internes dans les pièces, si ces dernières sont bridées (Fig.VIII.2).

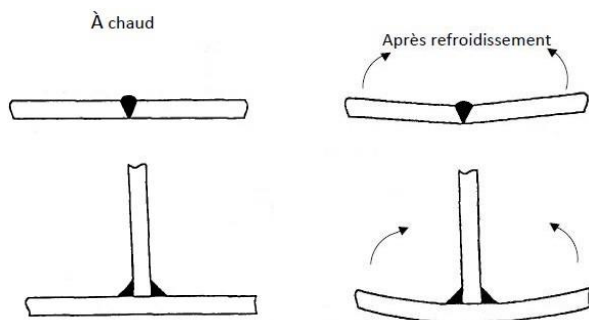


Fig.IX.1 : Dilatation dans une pièce libre

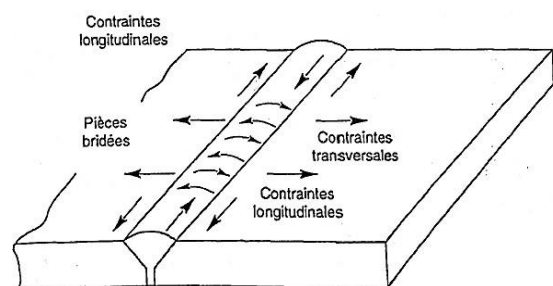


Fig.IX.2 : Contraintes internes dans une pièce bridée

- **Dans le premier cas, pour remédier aux déformations, il est possible :**

- Soit de donner aux pièces des pré-déformations initiales inverses, qui compenseront les déformations de retrait ;
- Soit de redresser les pièces à froid, sous presse ;
- Soit d'effectuer les cordons par tronçons discontinus et espacés dans le temps ;
- Soit de préchauffer les pièces pour éviter un refroidissement brusque.

- **Dans le second cas (pièces bridées), pour limiter les contraintes internes, il est possible :**

- Soit d'assouplir le bridage, ce qui autorisera de faibles déformations acceptables ;
- Soit de post-chauffer les pièces.

3 Choix des procédés de soudage utilisés :

Le soudage relève de la métallurgie, il est nécessaire de connaître **le matériau à souder** avant de sélectionner le procédé de soudage de façon efficace, à côté de plusieurs facteurs qui influent sur le choix, tel que :

- **La position de soudage** : (à plat, verticale, au plafond...) : Le procédé **SAW** ne convient pas pour du soudage vertical ou en position plafond, contrairement à d'autres procédés ;
- **L'accès au joint** : Il est nécessaire de s'assurer que l'équipement de soudage, la torche ou la tête de soudage, peuvent être positionnés correctement ;
- **Le lieu où la soudure doit être faite** : les procédés de soudage protégé par gaz, conviennent mieux à un environnement protégé en atelier (température ambiante, absence de courant d'air), tandis que le procédé **SMAW** et autres procédés sans gaz peuvent, plus facilement, être utilisés sur chantier.

➤ Dans la construction des réservoirs les deux méthodes de soudage les plus utilisées sont :

3.1 Soudage à l'arc à l'électrode enrobée (SMAW) :

Utilisé pour le soudage du fond, toit et joints verticaux de la robe. Un arc électrique est créé entre une électrode fusible (**cathode**) et les pièces à souder (**anode**), grâce à un générateur de courant, alternatif ou continu, de faible voltage, mais de fort ampérage (**de 50 à 600 ampères**).

L'arc est produit par la cathode, qui émet des électrons, bombardés sur l'anode à grande vitesse, provoquant l'ionisation des molécules sous le choc et donc une forte élévation de température, qui entraîne la fusion à la fois de la cathode (**baguette**) et de l'anode (**pièce à souder**). Les particules fondues de la cathode sont projetées sur l'anode, au travers de l'arc, et se déposent. Il suffit alors de déplacer la cathode le long du joint d'assemblage pour constituer un cordon continu de soudure. Ce déplacement peut être manuel (**sur chantier**), semi-automatique ou automatique (**en atelier**).

Parmi les procédés à électrodes fusibles, le procédé qui reste le plus employé est celui à électrodes enrobées.

Les électrodes sont enrobées d'une gaine réfractaire. Lors de la fusion, cet enrobage donne naissance à un laitier, qui permet :

- De ralentir le refroidissement de l'acier, donc d'éviter un phénomène de trempe et par là même d'éviter de rendre l'acier cassant ;
- De protéger l'acier contre l'absorption néfaste de l'oxygène et de l'azote atmosphériques, qui le rendrait fragile ;
- D'améliorer la nature du métal d'apport, par inclusion d'éléments réducteurs ;
- De créer une torche de gaz incandescent, qui canalise les particules de métal fondu et les accélère (accélération supérieure à celle de la pesanteur g), ce qui autorise les soudures verticalement, de bas en haut et en plafond ;
- De stabiliser l'arc électrique, grâce à l'inclusion de sels à faible tension d'ionisation, permettant ainsi d'utiliser une source de courant alternatif.

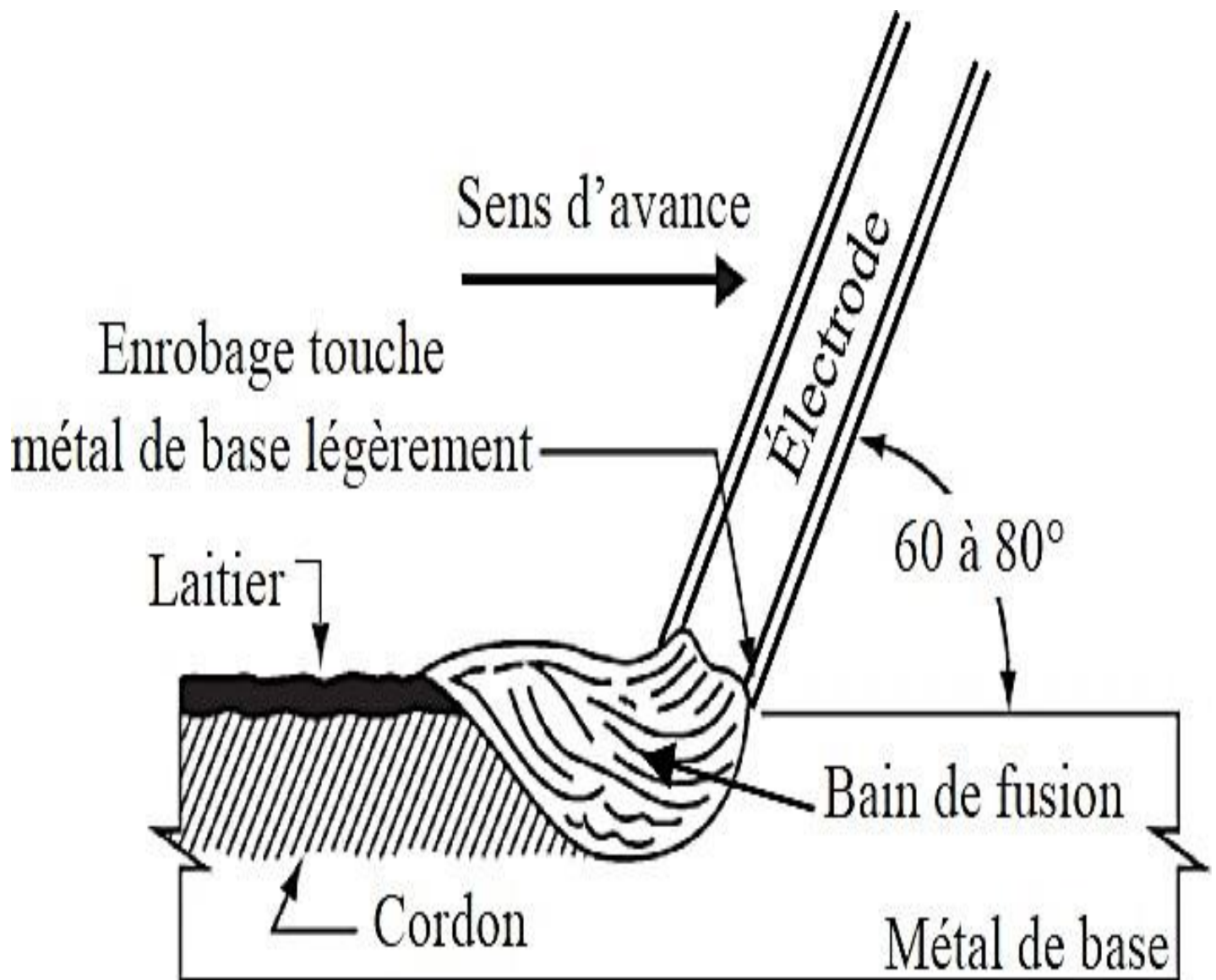


Fig.IX.3 : Soudage à l'arc à l'électrode enrobée

3.2 Soudage à l'arc submergé (SAW) :

On utilise le mode semi-automatique pour le soudage des joints horizontaux de la robe. L'arc créé entre le fil et la pièce à souder est protégé par une couche de flux. Cette couche de flux protège le bain de fusion de la contamination (**oxydation du bain**) et concentre l'apport d'énergie dans le joint. Le flux fond, se mêle intimement au bain de fusion, avec une action désoxydante, purifiante et enrichissante sur le métal en fusion, puis remonte à la surface du bain de métal pour former le laitier. 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. Après refroidissement le flux en poudre se solidifie et recouvre le cordon de soudure se transformant en laitier solidifié protecteur. Le flux en poudre non fondu est récupéré à l'aide d'un aspirateur et recyclé après tamisage.

Le soudage à l'arc submergé (AS) s'effectue normalement en mode automatique ou semi-automatique. Ce procédé est généralement limité aux soudures d'angle à plat ou soudures d'angle en gouttière.

Les fils sont choisis en fonction de la nature de l'acier à souder, associé parfois à un flux aggloméré permettant l'amélioration de la quantité du métal déposé. Les diamètres les plus couramment utilisés vont de 1 à 6 mm, livrés en bobine de plusieurs centaines de mètres. Le flux conducteur de courant électrique à chaud participe à la formation du bain de fusion et génère un dépôt important. Le flux est en général du type basique ou acide avec parfois des éléments d'addition qui permettent de modifier sensiblement la composition chimique du métal déposé et les caractéristiques mécaniques du joint soudé.

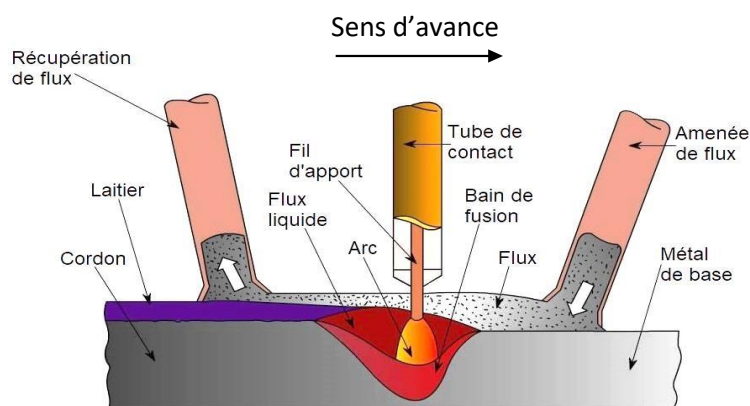


Fig.IX.4 : Soudage à l'arc submergé

4 Choix du métal d'apport :

Comme on a déjà dit précédemment, le métal d'apport doit avoir des propriétés mécaniques égales ou supérieures à celles du métal de base, prenant en considération les paramètres suivants :

- La nature et l'épaisseur des pièces à souder ;
- La nature et les possibilités du courant de soudage ;
- Du profil du cordon ;
- De la position de la soudure ;
- Des facilités d'emploi ;
- De la vitesse d'exécution ;
- De l'importance du dépôt ;
- Du jeu entre les pièces.

Alors on choisit :

- **Electrode B56-E7018 :**

L'électrode basic universelle (**B56-E7018**) est une électrode à faible teneur en hydrogène qui s'utilise dans toutes les positions de soudage avec les aciers à teneur faible, moyenne et élevée en carbone. Idéale pour le soudage par points et le soudage en continu hors position. Fonctionne avec le courant alternatif ou le courant continu-électrode positive (avec polarité inversée). Produit un arc stable avec peu de projection et une pénétration moyenne. S'utilise habituellement pour fabriquer la machinerie lourde, les réservoirs sous pression, pour procéder sur le terrain et en atelier au soudage des ponts et des structures d'acier, pour la construction navale ou avec la plupart des aciers au carbone et des aciers faiblement alliés faisant l'objet des spécifications de l'ASTM.

Tab.IX.1 : Caractéristiques du métal d'apport

Désignation	Enrobage	Composition chimique (%)	Caractéristiques mécaniques(MPA)	
B56-E7018	Basic	C : > 0,10 Si : 0,40 Mn : 1,10 P : < 0,025 S : < 0,025	σ_e : 420 σ_r : 550	
Electrode $\varnothing$ (mm)	2,5	3,2	4,0	5,0
Intensité (A)	80 à 110	110 à 130	140 à 160	160 à 220

5 Calcul de la température du préchauffage (Tp) :

5.1 Méthode de BWRA (British Welding Research Association) :

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.

5.1.1 Indice de sévérité thermique T.S.N :

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), tel que :

$$T.S.N = \frac{\sum \text{Epaisseur}}{6}$$

Note 1 : La somme des épaisseurs est en fonction du Nbre des chemins de dispersion de la chaleur (voir Annexe I).

5.1.2 Indice de soudabilité :

Il est fonction du pourcentage de carbone équivalent C_E , 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 C_E par la formule :

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

Tab.IX.2 : Indices de soudabilité selon C_E et selon la nature des électrodes

Electrodes rutilés	Electrode basiques	Indices de soudabilité
C_E (Jusqu'à 0,20)	C_E (Jusqu'à 0,25)	A
C_E (0,21 à 0,23)	C_E (0,26 à 0,30)	B
C_E (0,24 à 0,27)	C_E (0,31 à 0,35)	C
C_E (0,28 à 0,30)	C_E (0,36 à 0,40)	D
C_E (0,33 à 0,38)	C_E (0,41 à 0,45)	E
C_E (0,39 à 0,45)	C_E (0,46 à 0,50)	F
C_E (>0,45)	C_E (>0,50)	G

5.1.3 Diamètre des électrodes :

La quantité de chaleur transmise au joint étant liée au diamètre des électrodes utilisées, on prend en compte ce paramètre pour le calcul de Température de préchauffage (**T_p**). Le tableau suivant donne les températures de préchauffage en fonction des trois variables mentionnées :

Tab.IX.3 : Température de préchauffage selon la méthode de BWRA

T.S.N	Indice de soudabilité	Température minimale à laquelle doit être effectuée la soudure (°C)				
		Diamètre des électrodes (mm)				
		3,2	4	5	6	8
2	D	0				
	E	50	0			
	F	125	25			
3	C	0				
	D	75	0			
	E	100	25	0		
	F	150	100	25		
4	B	0				
	C	50	0			
	D	100	25			
	E	125	75	0		
	F	175	125	75	0	
6	A	0				
	B	50	0			
	C	100	25	0		
	D	150	100	25		
	E	175	125	75	0	
	F	225	175	125	75	0
8	A	25	0			
	B	75	25	0		
	C	125	75	25		
	D	175	125	75	0	0
	E	200	150	125	50	25
	F	225	200	175	125	50

5.1.4 Vérification du préchauffage des soudures :

5.1.4.1 Soudage des tôles centrales (Recouvrement) :

- Indice de sévérité thermique T.S.N :

$$T.S.N = \frac{\sum \text{Epaisseur}}{6} = \frac{9 + 9 + 9}{6} = \frac{27}{6} = 4,5$$

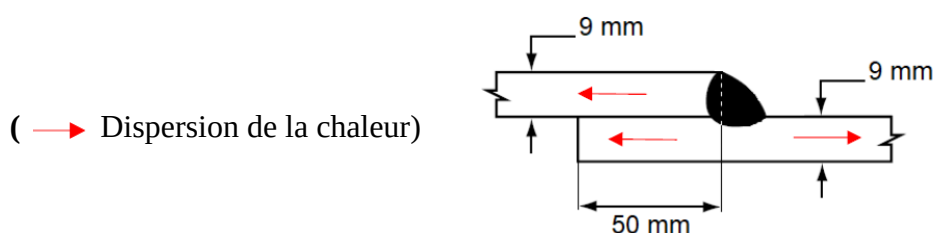


Fig.IX.5 : Schéma du soudage des tôles centrales

- Indice de soudabilité :
- Calcul de C_E de métal de base :

Tab.IX.4 : Composition chimique du métal de base

Matériau	C max %	Mn max %	Si max %	P max %	S max %
A283 Gr C	0,24	0,90	0,40	0,035	0,04

$$C_E = \%C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr+Mo+V}{10} = 0,24 + \frac{0,9}{20} = 0,285$$

Alors :

- $0,25 < C_E = 0,285 < 0,3$;
- Electrode basic.

Tab.IX.5 : Nécessité du préchauffage des tôles centrales

T.S.N	Indice de soudabilité	Ø Electrode (mm)	Préchauffage (°C) [Tab.VIII.3]
4,5	B	3,2	12,5
		4	0

Remarque 1 : On va répéter cette méthode pour toutes les autres soudures.

Le tableau ci-dessous résume les résultats :

Tab.IX.6 : Résultats de préchauffage par la méthode de BWRA

Soudure	T.S.N	Indice de soudabilité [Tab.VIII.2]	Ø Electrode (mm)		Préchauffage (°C) [Tab.VIII.3]
			3,2	4	
Centrale	4,5	B	X		12,5
				X	0
Marginale	4,7	B	X		17,85
				X	0
Pied de la robe	4,5	B	X		12,5
				X	0
Virole (verticale)	3	B	X		0
Toit	3	B	X		0
Cornière de rive	3	B	X		0

5.2 Méthode de SEFERIAN :

Cette méthode consiste, pour un acier donné, à déterminer la température de préchauffage des pièces à souder, de manière à éviter un refroidissement trop rapide du joint qui conduirait à la formation d'une structure fragile. Le calcul de cette température de préchauffage s'effectue en trois étapes :

- Calcul du carbone équivalent (C_{Es}) ;
- Calcul du carbone équivalent compensé ($C_{Es} \cdot C$) ;
- Calcul de la température de préchauffage (T_p).

5.2.1 Carbone équivalent (C_{Es}) :

$$C_{Es} = \%C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}$$

5.2.2 Carbone équivalent compensé ($C_{Es} \cdot C$) :

Le carbone équivalent compensé ($C_{Es} \cdot C$) tient compte de l'épaisseur des pièces à assembler (influence de la vitesse de refroidissement) ainsi que du carbone équivalent (C_{Es}).

Il est défini par la formule :

$$C_{Es} \cdot C = \%C_{Es} \cdot (1 + 0,005 \cdot e)$$

Avec :

- e : Epaisseur moyenne des tôles soudées (mm).

5.2.3 Température de préchauffage des pièces (TP) :

$$TP = 350 \cdot \sqrt{C_{Es} \cdot C - 0,25}$$

Avec :

- TP : Température de préchauffage (°C).

5.2.4 Vérification du préchauffage des soudures :

➤ Soudage des tôles centrales :

$$e = 9\text{mm}$$

$$C_{Es} = 0,25$$

$$C_{Es} \cdot C = \%C_{Es} \cdot (1 + 0,005 \cdot e) = 0,25 \cdot (1 + 0,005 \cdot 9) = 0,26125$$

$$TP = 350 \cdot \sqrt{C_{Es} \cdot C - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,26125 - 0,25} = 37^\circ\text{C}$$

Remarque 2 : On va répéter cette méthode pour toutes les autres soudures.

Le tableau suivant résume les résultats :

Tab.IX.7 : Résultats de préchauffage par la méthode de SEFERIAN

Soudure	Epaisseur moyen (mm)	Carbone équivalent compensé	Température de préchauffage (°C)
Centrale	9	0,26125	37
Marginale	9	0,26125	37
Pied de la robe	8	0,26	35
Virole 1 (vertical)	8	0,26	35
Virole 2 (vertical)	6	0,25875	32,7
Virole 3,4,5 (vertical)	6	0,2575	30,3
Virole 1-2 (horizontal)	8	0,26	35
Virole 2-3-4-5 (horizontal)	6	0,2575	30,3
Toit	6	0,2575	30,3
Cornière de rive	6,5	0,2581	31,5

Tab.IX.8 : Tableau récapitulatif de préchauffage par les deux méthodes

Soudure	Température de préchauffage (°C)	
	BWRA	SEFERIAN
Centrale	12,5	37
Marginale	17,85	37
Pied de la robe	12,5	35
Virole 1 (vertical)	0	35
Virole 2 (vertical)	0	32,7
Virole 3,4,5 (vertical)	0	30,3
Virole 1-2 (horizontal)	/	35
Virole 2-3-4-5 (horizontal)	/	30,3
Toit	0	30,3
Cornière de rive	0	31,5

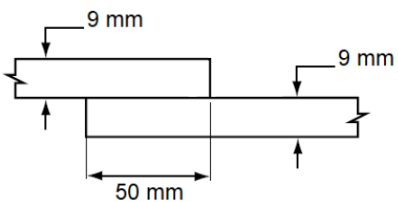
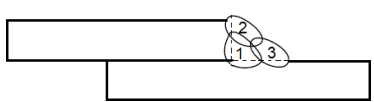
Résultat 1 : Le préchauffage est nécessaire s'il dépasse 100°C. Donc les soudures seront faites dans la température ambiante, pas nécessité de préchauffage pour toutes les soudures concernant les tôles.

6 Résumé de spécification du procédé de soudage :

6.1 Joints de soudure du fond :

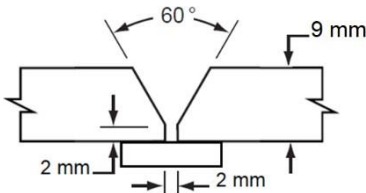
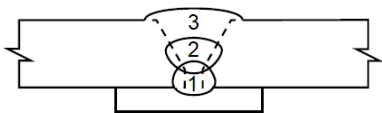
6.1.1 Tôles centrales :

Tab.IX.9 : Tableaux récapitulatifs de soudage du fond

Type d'assemblage						Par recouvrement		
Chanfreinage						/		
Code utilisé						ASME		
Procédé de soudage						SMAW		
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse soudage (cm/min)	Polarité électrode	Métal d'apport		
A283 gr C						Désignation	Ø (mm)	L (mm)
	1	80 à 110	23 à 25	3	(-)	B 56 (E 7018)	2,5	450
	2	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		3,2	450
	3	140 à 160	25 à 30	4,6	(+)		4	450
Schéma de préparation						Schéma de passe		
								

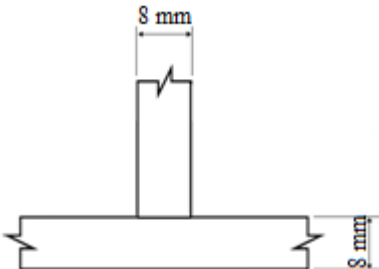
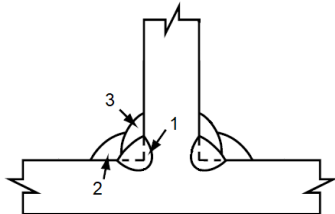
6.1.2 Tôles marginales :

Tab.IX.10 : Tableaux récapitulatifs de soudage des tôles marginales

Type d'assemblage						Bout à bout		
Chanfreinage						Entaille en V		
Code utilisé						ASME		
Procédé de soudage						SMAW		
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse soudage (cm/min)	Polarité électrode	Métal d'apport		
A283 gr C						Désignation	Ø (mm)	L (mm)
	1	80 à 110	23 à 25	3	(-)	B 56 (E 7018)	2,5	450
	2	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		3,2	450
	3	140 à 160	25 à 30	4,6	(+)		4	450
Schéma de préparation						Schéma de passe		
								

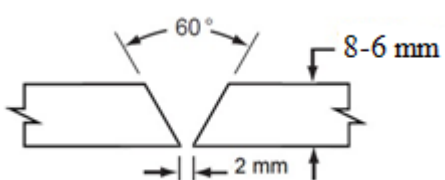
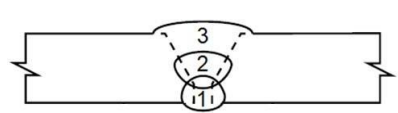
6.2 Soudage du pied de la robe :

Tab.IX.11 : Tableaux récapitulatifs de soudage du pied de la robe

Type d'assemblage						Soudage d'angle		
Chanfreinage						/		
Code utilisé						ASME		
Procédé de soudage						SMAW		
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse soudage (cm/min)	Polarité électrode	Métal d'apport		
A283 gr C						Désignation	Ø (mm)	L (mm)
	1	80 à 110	23 à 25	3	(-)	B 56 (E 7018)	2,5	450
	2	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		3,2	450
	3	140 à 160	25 à 30	4,6	(+)		4	450
Schéma de préparation						Schéma de passe		
								

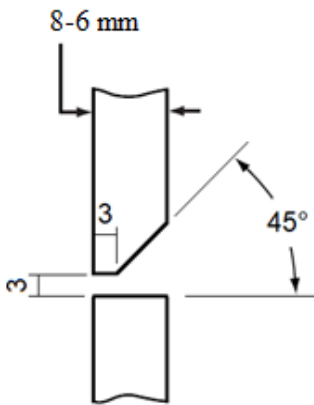
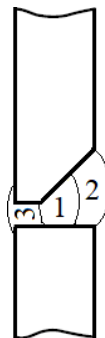
6.3 Cordons verticaux des viroles :

Tab.IX.12 : Tableaux récapitulatifs de soudage vertical de la robe

Type d'assemblage						Bout à bout		
Chanfreinage						Entaille en V		
Code utilisé						ASME		
Procédé de soudage						SMAW		
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse soudage (cm/min)	Polarité électrode	Métal d'apport		
A283 gr C						Désignation	Ø (mm)	L (mm)
	1	80 à 110	23 à 25	3	(-)	B 56 (E 7018)	2,5	450
	2	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		3,2	450
	3	140 à 160	25 à 30	4,6	(+)		4	450
Schéma de préparation						Schéma de passe		
								

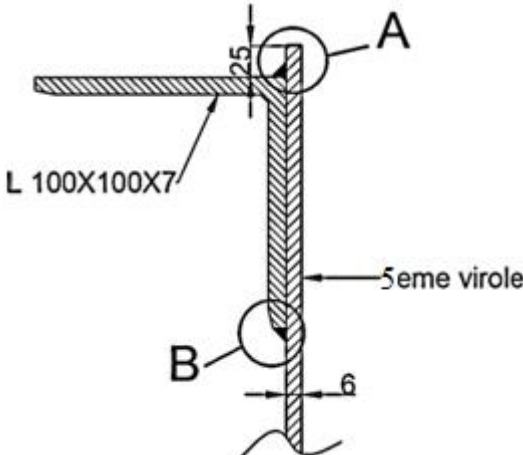
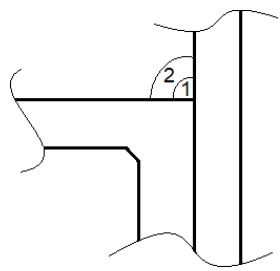
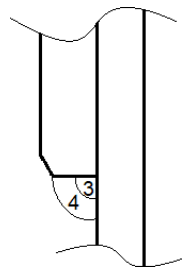
6.4 Cordons horizontaux des viroles (Corniches) :

Tab.IX.13 : Tableaux récapitulatifs de soudage des corniches de la robe

Type d'assemblage				Bout à bout	
Chanfreinage				Entaille en V	
Code utilisé				ASME	
Procédé de soudage				SAW	
Métal de base	N° de Passé	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse de soudage (cm/min)	Polarisation
A283gr C	1	420 à 450	24 à 26	40 à 45	(-)
	2	420 à 450	27 à 29	40 à 50	(+)
	3	420 à 450	27 à 29	40 à 60	(+)
Schéma de préparation				Schéma de passe	
					

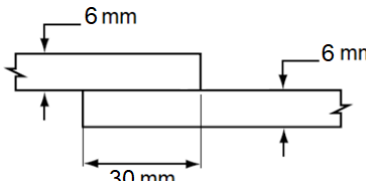
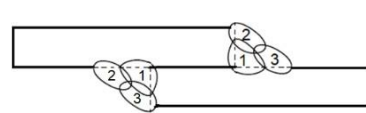
6.5 Joints de soudure de la cornière de rive :

Tab.IX.14 : Tableaux récapitulatifs de soudage de la cornière de rive

Type d'assemblage						Soudage d'angle		
Chanfreinage						/		
Code utilisé						ASME		
Procédé de soudage						SMAW		
Métal de base	N° de Passé	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse de soudage (cm/min)	Polarité électrode	Métal d'apport		
A283 gr C	1	80 à 110	23 à 25	3	(-)	B 56 (E 7018)	Ø (mm)	L (mm)
	2	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		2,5	450
	3	80 à 110	23 à 25	3	(-)		3,2	450
	4	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		2,5	450
Schéma de préparation						Schéma de passe		
						A		
								
						B		
								

6.6 Joints de soudure du toit :

Tab.IX.15 : Tableaux récapitulatifs de soudage du toit

Type d'assemblage						Par recouvrement		
Chanfreinage						/		
Code utilisé						ASME		
Procédé de soudage						SMAW		
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse soudage (cm/min)	Polarité électrode	Métal d'apport		
A283 gr C						Désignation	Ø (mm)	L (mm)
	1	80 à 110	23 à 25	3	(-)	B 56 (E 7018)	2,5	450
	2	110 à 130	25 à 30	4,4	(+)		3,2	450
	3	140 à 160	25 à 30	4,6	(+)		4	450
Schéma de préparation						Schéma de passe		
								

7 Conclusion :

Dans certains domaines où les soudures sont fortement réglementées, comme notre cas, concernant les réservoirs de stockage, la sécurité et la résistance du réservoir sont indispensables. Pour cela il est obligatoire de détecter les hétérogénéités et les anomalies. En ce sens, on va expliquer les différentes techniques utilisées pour le contrôle de la soudure dans le dernier chapitre de ce mémoire, (CHAP XIII).

PARTIE B

ETUDE

DE

LA TUYAUTERIE

DU RESEAU

ANTI-INCENDIE

CHAPITRE X

ETUDE DIMENSIONNELLE DU RESEAU ANTI- INCENDIE

CHAPITRE X : ETUDE DIMENSIONNELLE DU RESEAU ANTI-INCENDIE

1 Introduction :

Un réseau anti-incendie est constitué essentiellement de tuyauterie qui assure la liaison et l'écoulement de l'eau d'incendie entre les différents éléments de dépôt de stockage des hydrocarbures. Un tube est défini par **son diamètre**, **son épaisseur**, et **la nature du matériau** métallique qui le compose. Le liquide transporté par ce dernier est défini par sa vitesse d'écoulement, et ça ce qu'on va calculer dans ce chapitre après la détermination de tous les équipements nécessaires pour le fonctionnement de ce système.

2 Protection par eau :

Le système de protection par eau doit être défini pour un taux d'application d'eau de 15 l/min/m de circonférence, en plus du bac soumis aux flammes, entre le quart et la moitié de la surface totale des bacs adjacents pouvant être exposés au rayonnement thermique doivent être refroidies de la même manière.

2.1 Equipement et moyens nécessaires de protection par eau :

2.1.1 Un bac contient de la réserve d'eau :

La quantité d'eau réservée dans notre cas couvrirait une autonomie de lutte contre l'incendie pendant une durée de trois (03) heures.

2.1.2 Canalisation :

Les canalisations et les accessoires constituant le réseau d'incendie doivent être réalisés en matériaux capables de résister aux contraintes mécaniques et physiques auxquelles ils sont soumis en service ; ils doivent être, en outre, en matériaux résistant au feu et protégés contre la corrosion. Les sections des canalisations doivent être calculées pour obtenir les débits nécessaires en tout emplacement, aux pressions requises, pour le bon fonctionnement des moyens de lutte contre l'incendie.

2.1.3 Moyens de pompage d'eau d'incendie :

Le débit et la pression du réseau d'incendie sont assurés par des moyens de pompage propre à l'établissement ou par un branchement sur un réseau extérieur d'eau en pression donnant toutes les garanties requises de sécurité de fonctionnement, pour notre cas on utilise :

➤ **Electropompe (principale) :**

Elle assure l'alimentation principale de réseau d'eau anti-incendie avec une pression de refoulement suffisante et un démarrage automatique.

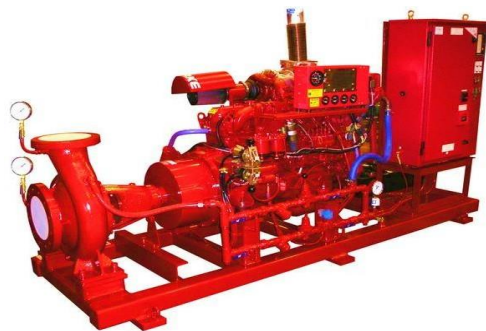


Fig.X.1 : Electropompe anti-incendie

➤ **Motopompe de secours (pompe diesel) :**

En cas d'un arrêt de fonctionnement causé par une panne au niveau de l'électropompe principale on alimente le réseau incendie par une pompe à moteur diesel d'une pression de refoulement suffisante et à démarrage soit à distance soit direct.

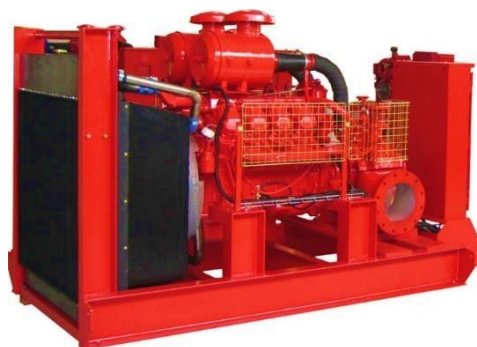


Fig.X.2 : Motopompe diesel anti-incendie

➤ **Electropompe jockey (suppresseur) :**

Une pompe jockey est prévue pour maintenir le réseau sous une pression d'environ 5 à 8 bars, avec un débit variant de 20 à 50 m³/h. Les pompes jockeys sont entraînées par un moteur électrique.



Fig.X.3 : Electropompe jockey anti-incendie

2.1.4 Les vannes de sectionnement :

Celles-ci permettent de sectionner la partie du réseau nécessitant la maintenance sans avoir à condamner tout le système de lutte contre l'incendie, le nombre des vannes dépend de l'étendue du réseau, elles sont judicieusement implantées et réparties pour faciliter toutes réparations sur le réseau en cas de besoin. Les clapets anti-retours sont considérés comme des vannes, ils permettent la circulation de l'eau dans un sens uniquement, ils sont obligatoires sur les sorties des pompes.



Fig.X.4 : Vanne à opercule manuel



Fig.X.5 : Vanne motorisée électrique



Fig.X.6 : Clapet anti-retour

2.1.5 Les couronnes de refroidissement :

Un système de canalisation circulaire fixe à actionnement automatique ou manuel relié à une alimentation en eau et équipé de buses de pulvérisation, attachées en haut du réservoir loin de la robe de 50cm.



Fig.X.7 : Couronne de refroidissement

2.1.6 Les pulvérisateurs d'arrosage :

L'invention concerne un dispositif d'évacuation d'eau ouverte qui, lorsqu'il décharge de l'eau sous pression, distribue l'eau selon un schéma directionnel spécifique.



Fig.X.8: Photos de pulvérisateur de refroidissement

2.1.7 Colonne montante

La couronne ou une partie de la couronne de refroidissement est alimenté par une ou plusieurs colonnes montantes fixées à la robe, ils doivent être assurés par double alimentation isolée (électrovanne et vanne d'isolement ainsi que by-pass manuels).

2.1.7 Poteau anti-incendie (hydrant) :

Les poteaux d'eau doivent être implantés à des distances au plus de 70 m l'un de l'autre, sont constitués de canalisations d'un diamètre intérieur d'au moins 100 mm. Cette prise d'eau est disposée sur un réseau d'eau sous pression permettant d'alimenter l'équipement d'incendie des sapeurs-pompiers.



Fig.X.9 : Poteau d'incendie (hydrant)

3 Protection par mousse :

La mousse est un assemblage de bulles constitué par une atmosphère d'air emprisonnée dans une paroi mince de solution moussante. Cette solution ou pré-mélange est composé d'eau et d'un pourcentage d'émulseur compris entre 3 à 6 %. Elle est produite par un mélange d'eau, d'émulseur et d'air. Les calculs de la mousse seront faits à l'aide de la norme NFPA 11 et la règle d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquide.



Fig.X.10 : Mousse anti-incendie

3.1 Définition de la norme NFPA 11 :

NFPA (Association nationale de protection contre l'incendie), a été fondée aux États-Unis en 1896, cette organisation à composition internationale établit les normes pour la protection incendie et les mesures de prévention, et NFPA 11 est spécialisée au jour d'aujourd'hui dans la mousse à faible, moyenne et haute expansion.



Fig X.11 : Logotype NFPA

3.2 Equipements et moyens nécessaires de protection par mousse :

3.2.1 Ressource d'eau :

L'alimentation en eau des systèmes de mousse doit être dure ou molle, fraîche ou salée, mais doit être d'une qualité telle que des effets néfastes sur la formation ou la stabilité de mousse ne se produisent pas.

3.2.2 Besoin d'émulseur :

Un émulseur est une solution aqueuse saponifiante permettant de diminuer la tension superficielle de l'eau favorisant ainsi la formation d'une mousse.

Selon la règle d'aménagement article 603.1

La réserve réglementaire d'émulseur doit être au moins égale à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- quantité nécessaire pour couvrir d'une couche de 0,40m de mousse la plus grande cuvette contenant des hydrocarbures de catégorie **B**, **C₁** ou **D₁** ;
- quantité nécessaire pour couvrir d'une couche de 0,20m de mousse la plus grande cuvette ne contenant que des hydrocarbures de catégorie **C₂**.

3.2.3 Unité de stockage et de dosage d'émulseur (USD) :

Les citernes d'émulseur doivent avoir une conception et des matériaux conçus pour assurer un ballonnement constant du liquide, avec un dôme d'expansion, elles doivent être posées sur des supports porteurs, chaque citerne doit être munie d'un puisard ou d'un autre moyen pour empêcher le colmatage de la conduite d'aspiration d'émulseur en cas de sédimentation ou d'autres matières étrangères dans le réservoir.



Fig.X.12 : Unité de stockage et de dosage d'émulseur (USD)

3.2.4 Les déversoirs à mousse :

Ces sont des boîtes en acier inoxydable pour garantir une résistance et une efficacité maximale à travers le temps. Ils sont constitués d'un tube avec un petit orifice en entrée et une couronne de trous à la base pour l'entrée de l'air, destinés à la protection des cuvettes de rétention fixés en haut de ces parois.



Fig.X.13 : Déversoir à mousse



Fig.X.14 : Photo réelle de déversoir à mousse

3.2.5 Les chambres à mousse :

Un dispositif fixé de façon permanente à un réservoir, à un muret ou à une autre structure de confinement, conçu pour introduire de la mousse.



Fig.X.15 : Chambre à mousse

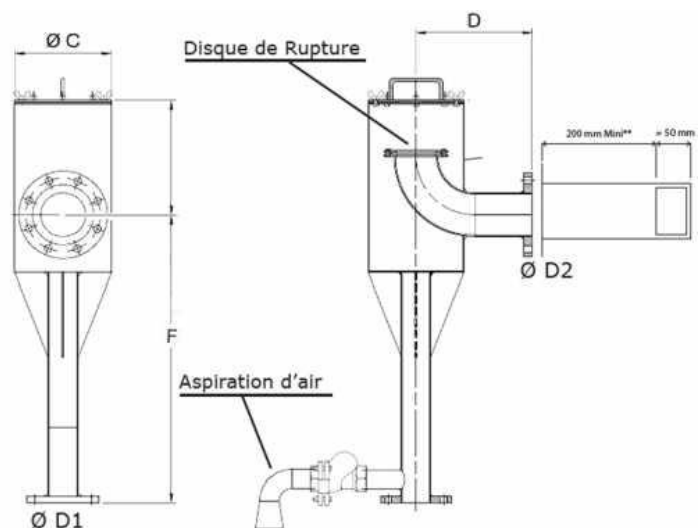


Fig.X.16 : Schéma de chambre à mousse

4 Choix de matériau de la canalisation :

La norme NFPA 11 propose plusieurs matériaux qui conforment à la tuyauterie de réseau anti-incendie, dans le tableau suivant on mentionne quelques matériaux recommandés pour l'eau et aussi des matériaux pour la mousse d'incendie :

Tab.X.1 : Matériaux de la tuyauterie pour l'eau et pour la mousse selon NFPA 11

Matériaux	Standard	Eau	Mousse
Tuyau en acier inoxydable austénitique sans soudure et soudé	ASTMA312/ A312M	Oui	Non
Tuyau d'acier sans couture forgé	ASME B36.10M	Oui	Non
Tuyau de cuivre soudé par résistance	ASTM A135/ A135M	Oui	Oui
Tuyau en acier noir au carbone trempé à chaud, revêtu de zinc, soudé et sans soudure	ASTM A53/A53M	Oui	Oui

➤ **On choisit ASTM A53 Grade B.**

4.1 Caractéristiques mécaniques de l'acier A53 Gr B :

Selon la norme ASTM :

Tab.X.2 : Caractéristique mécanique de l'acier A53 Gr B

Matériau utilisé	Limite Elastique σ_e (Mpa)	Résistance Traction σ_r (MPa)	Limite Elastique σ_e (Ksi)	Résistance Traction σ_r (Ksi)
Acier A53 Gr B	240	415	35	60

4.2 Composition chimique de l'acier A53 Gr B :

Selon la norme ASTM :

Tab.X.3 : Composition chimique de l'acier A53 Gr B en %

Matériau utilisé	C	Mn	S	P	Cr	Cu	Mo	Ni	V
Acier A53 Gr B	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08

4.3 Accessoires de la tuyauterie :

Selon les normes (NFPA 11, NFPA 15 et ASTM) :

Tab.X.4 : Désignation des accessoires de la tuyauterie

Robinetterie		Raccorderie
Désignation	Classe	Désignation
ASTM A216-WCB	150	ASTM A234

4.4 Vérification de la soudabilité de l'acier A53 Gr B :

Avant d'entamer le soudage il faut vérifier est ce que le matériau est soudable ou non en utilisant la formule suivante par (BWRA – *British welding research association*):

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

Tels que :

- C_E : Pourcentage de carbone équivalent ;
- Si $C_E < 0,45$: bonne soudabilité ;
- Si $0,45 < C_E < 0,6$: nécessite un préchauffage ;
- Si $C_E > 0,6$: problème très particulier.

Alors :

$$C_E = 0,30 + \frac{1,2}{20} + \frac{0,40}{15} + \frac{0,40 + 0,15 + 0,08}{10} = 0,449$$

Donc :

$C_E = 0,449$: le matériau de la tuyauterie a une soudabilité difficile.

5 L'épaisseur de la tuyauterie :

Pour calculer l'épaisseur de n'importe quelle pipe dans la tuyauterie on doit suivre les étapes suivantes en utilisant la formule proposée par l'ASMI :

$$t = \frac{P \times D}{2 \times (X.E \text{ ou } Y.R)}$$

On ajoute 12,5 % . t de tolérance et 3 mm comme surépaisseur de corrosion.

Donc : $t_{\text{réel}} = t + 12,5 \% . t + 3$

Tels que :

- $t_{\text{réel}}$: Epaisseur réelle de pipe ;
- t : L'épaisseur de pipe (entrée / sortie) en pouce ;
- P : Pression d'épreuve = pression de service multiplié par 1,5 en Psi ;
- D : Diamètre de pipe (entrée / sortie) en pouce ;
- E : Limite élastique de matériau en Psi ;
- R : Résistance à la traction de matériau en Psi ;
- X : Coefficient de E ;
- Y : Coefficient de R.

Tab.X.5 : Epaisseur standard des pipes A53 Grade B Schedule STD

Diamètre extérieure de pipe (pouce)	Epaisseur standard de pipe (mm)
1 ^{1/2}	3,68
2	3,91
2 ^{1/2}	5,16
3	5,49
3 ^{1/2}	5,74
4	6,02
5	6,55
6	7,11
8	8,18
10	9,27
12	9,52
14	9,52

NOTE 1 :

Si on trouve la valeur de l'épaisseur réelle ($t_{réel}$) inférieure que la valeur standard dans le tableau ci-dessus, on prend cette dernière comme une valeur normalisée.

5.1 Choix de la zone approprié pour des coefficients X et Y :

Selon la règle de sécurité pour les canalisations de transport de gaz combustible article 4 :

Les emplacements des canalisations sont classés en quatre (04) zones :

Zone I ; Comprend : les zones urbaines à forte densité de population.

Zone Ia ; Comprend :

- Les zones urbaines dont la densité de population à l'hectare de logement et de locaux correspondant à une occupation équivalente calculée sur la surface d'un carré axé sur la canalisation de côté égale à 200 m est inférieure à 40.

- Les zones rurales ou désertiques pour lesquelles l'une au moins des quatre conditions suivantes est remplie :

1°/ Ils sont situés à moins de 75 m d'un établissement recevant du public ou assujetti aux règles relatives à la protection contre les risques d'incendie ou de panique ou d'un établissement rangé pour risques d'incendies ou d'explosions dans la 1^{ère} classe des établissements dangereux, insalubres ou incommodes, ou d'une installation de Défense Nationale présentant des risques d'incendie ou d'explosion.

2°/ La densité à l'hectare est supérieure à 4.

3°/ Ils se trouvent dans le domaine public National.

4°/ Les ouvrages annexes définis à l'article 2 du présent règlement.

Zone II ; Comprend : Les emplacements situés dans les zones rurales, les pâturages, les terres de culture, les forêts et les approches des agglomérations.

Zone III ; Comprend : Les emplacements situés dans les régions désertiques.

Tab.X.6 : Coefficients X et Y des zones

Emplacements	Enterrée ou aérienne	Enterrée	Surface
Coefficient	X	Y	Y
Zone I	0,50	0,30	0,30
Zone Ia	0,60	0,36	0,36
Zone II	0,73	0,55	0,44
Zone III	0,80	0,60	0,55

Notre dépôt est situé à Cap-Djinet; BOUMERDES, donc la zone des coefficients X et Y doit être :

Zone II (surface) [X = 0,60 ; Y = 0,36]

6 Dimensionnement de la tuyauterie de réseau anti-incendie pour l'eau :

6.1 Données de calculs :

- Débit d'eau d'intervention = 430 m³/h ;
- Pression de service = 10 bar ;
- Vitesse d'aspiration : 0,8 m/s < V_{asp} < 1,5 m/s ;
- Vitesse de refoulement : 3 m/s < V_{ref} < 5 m/s ;
- Matériau de la tuyauterie : ASTM A53 Gr B (Acier au carbone) ;
- Hauteur d'élévation : négligeable (le réseau a le même niveau que le réservoir).

6.2 Pompes utilisées :

- Une (01) Moto-pompe de 430 m³/h ;
- Deux (02) électro-pompes de 120 m³/h ;
- Une (01) électro-pompe de 100 m³/h ;
- Une (01) pompe-jockey de 30 m³/h.

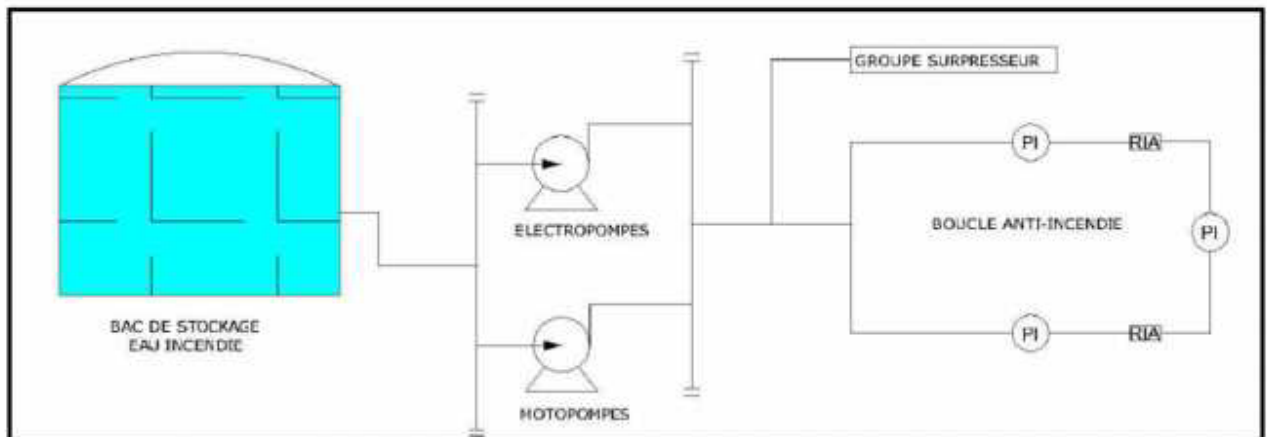


Fig.X.17 : Schéma simplifié du réseau anti-incendie

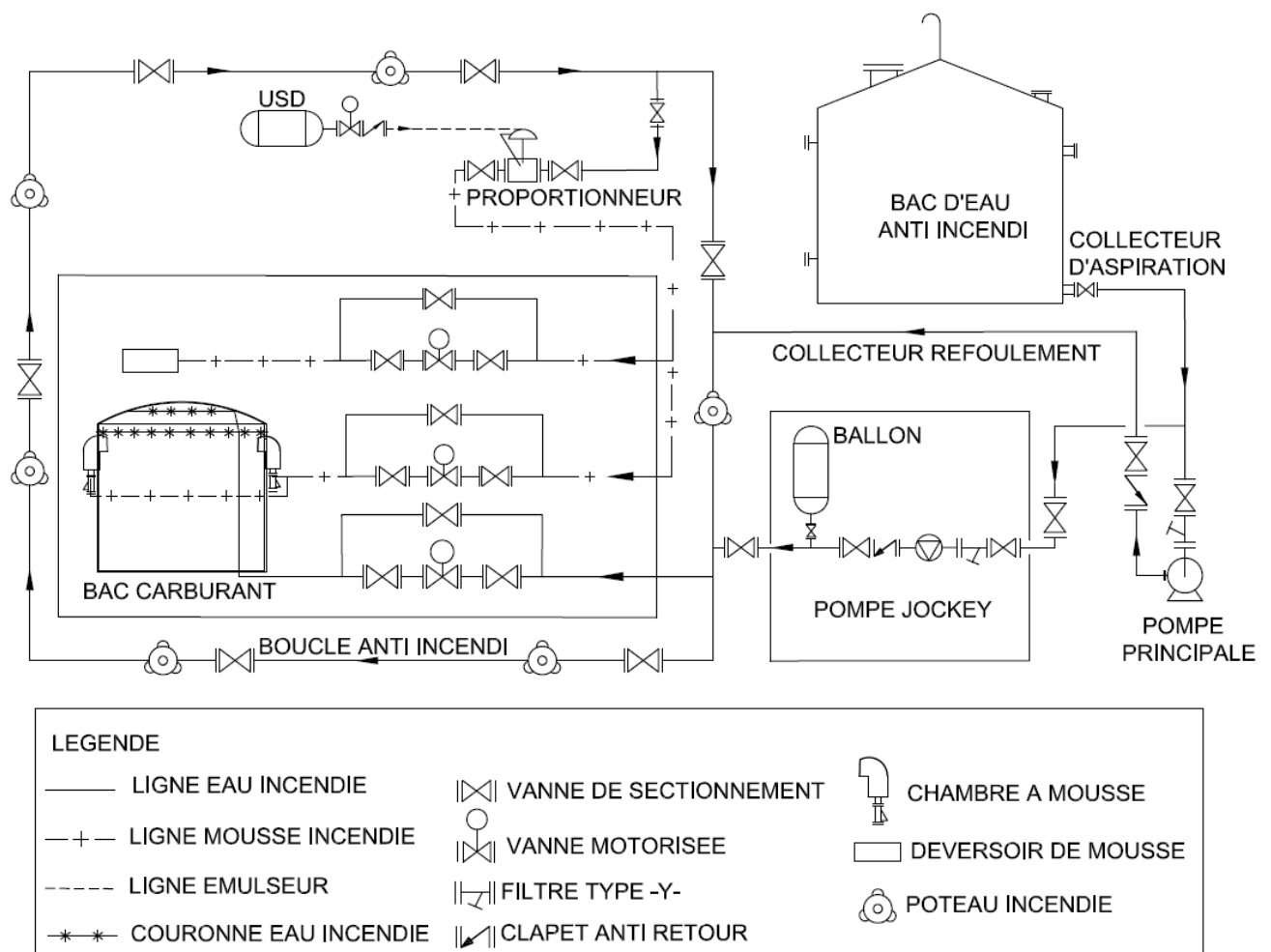


Fig.X.18 : Schéma de principe du réseau anti-incendie

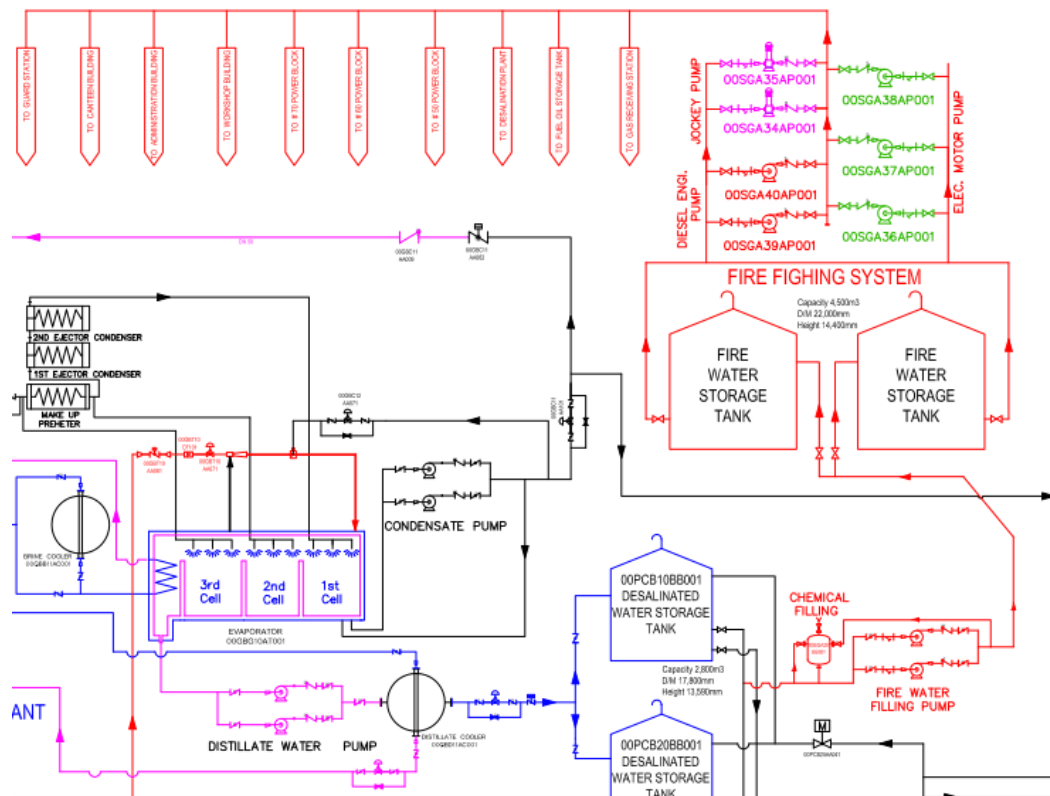


Fig.X.19 : Schéma du réseau anti-incendie de la centrale de Cap-Djinet

6.3 Coté aspiration :

Le calcul des diamètres (extérieur, intérieur) ainsi que la vitesse d'écoulement est fait pour les collecteurs suivants :

- Collecteur principale d'aspiration : N°01 ;
- Collecteur d'aspiration de motopompe de 430m³/h : N°02 ;
- Collecteur d'aspiration de l'électropompe de 120m³/h : N°03 ;
- Collecteur d'aspiration de l'électropompe de 120m³/h : N°04 ;
- Collecteur d'aspiration de l'électropompe de 100m³/h : N°05 ;
- Collecteur d'aspiration de pompe-jockey de 30m³/h : N°06.

6.3.1 Collecteur principal d'aspiration N°01 :

6.3.1.1 Diamètre extérieur de collecteur N°01 :

On a :

$$S_{1ext} = \frac{Q_1}{V_{asp}} = \frac{\pi \times D_{1ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{1ext} : La surface extérieure de collecteur N°01 ;
- Q_1 : Débit de collecteur N°01 = 430 m³/h ;
- V_{asp} : La vitesse d'aspiration = 1,2 m/s ;
- D_{1ext} : Diamètre extérieur de collecteur N°01.

Donc :

$$D_{1ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_1}{V_{asp}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{430}{1,2 \times 3600}}{\pi}} = 0,356 \text{ m} \approx 14''$$

$$D_{1ext} = 14'' = 355,6 \text{ mm}$$

6.3.1.2 Diamètre intérieur de collecteur N°01 :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{1réel}$) à l'aide des formules qui suivent :

$$t_{1réel} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 14}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,0705'' = 1,791 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 1,791 = 0,224 \text{ mm}$$

$$t_{1réel} = 1,791 + 0,224 + 3 = 5,015 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{1réel} = 5,015 \text{ mm} < t_{standard} = 9,52 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{1réel} = 9,52 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{1int} = D_{1ext} - 2 \cdot t_{1réel} = 355,6 - 19,04 = 336,2 \text{ mm} = 13,24''$$

$$D_{1int} = 13,24'' = 336,2 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = $10 \times 1,5 = 15 \text{ bar} = 217,56 \text{ psi}$;
- D : Diamètre de pipe = 14'' ;
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = $60 \times 10^3 \text{ psi}$

6.3.2 Vitesse d'écoulement d'eau de collecteur N°01 :

$$V_{1réel} = \frac{Q_1}{S_{1int}}$$

$$S_{1int} = \frac{\pi \times D_{1int}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,3362^2}{4} = 0,0887 \text{ m}^2$$

D'ou:

$$V_{1réel} = \frac{430}{0,0887 \times 3600} = 1,35 \text{ m/s}$$

$V_{1réel} = 1,35 \text{ m/s}$

Avec :

- V_{1reel} : Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- Q_1 : Débit de collecteur N°01 = 430 m³/h
- S_{1int} : Surface intérieure de collecteur N°01 en m²
- D_{1int} : Diamètre intérieur de collecteur N°01 = 0,3362 m

Remarque 1 :

Cette méthode est répétée pour toutes les opérations qui concerne le dimensionnement de la tuyauterie, alors le tableau ci-dessous résume tous les résultats pour le côté d'aspiration :

Tab.X.7 : Résultats de la tuyauterie pour le côté d'aspiration

Coté	N° de collecteur	Débit (m ³ /h)	V _{asp} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{ext} (mm)	D _{int} (pce)	D _{int} (mm)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
Aspira-tion	01	430	1,2	14	355,6	13,24	336,2	9,52	1,35
	02	430	1,2	14	355,6	13,24	336,2	9,52	1,35
	03 et 04	120	1,2	8	203,2	7,35	186,8	8,18	1,20
	05	100	1,2	8	203,2	7,35	186,8	8,18	1,01
	06	30	1,2	4	101,6	3,52	89,56	6,02	1,32

6.4 Coté refoulement :

Le calcul des diamètres (extérieur, intérieur) ainsi que la vitesse d'écoulement est fait pour les pipes suivants :

- Collecteur principale de refoulement : N°07 ;
- Collecteur de refoulement de motopompe de 430m³/h : N°08 ;
- Collecteur de refoulement de l'électropompe de 120m³/h : N°09 ;
- Collecteur de refoulement de l'électropompe de 120m³/h : N°10 ;
- Collecteur de refoulement de l'électropompe de 100m³/h : N°11 ;
- Collecteur de refoulement de pompe-jockey de 30m³/h : N°12 ;
- ½ Couronnes de refroidissement et ses colonnes montantes ;
- Collecteurs d'alimentation des chambres à mousse et ses colonnes montantes ;
- Collecteurs entre les chambres à mousse ;
- Collecteurs d'alimentation des déversoirs ;
- Collecteurs des déversoirs.

6.4.1 Collecteur principale de refoulement :

6.4.1.1 Diamètre extérieur de collecteur N°07 :

$$\text{On a : } S_{2ext} = \frac{Q_2}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{2ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{2ext} : La surface extérieure de collecteur N°07 ;
- Q_2 : Débit de collecteur N°07 = 340 m³/h ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{2ext} : Diamètre extérieur de collecteur N°07.

Donc :

$$D_{2ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_2}{V_{ref}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{430}{4 \times 3600}}{\pi}} = 0,195 \text{ m} \approx 8"$$

$D_{2ext} = 8" = 203,2 \text{ mm}$

6.4.1.2 Diamètre intérieur de collecteur N°07 :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{2réel}$) à l'aide des formules qui suit :

$$t_{2réel} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 8}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,0403'' = 1,024 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 1,024 = 0,128 \text{ mm}$$

$$t_{2\text{réel}} = 1,024 + 0,128 + 3 = 4,152 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{2\text{réel}} = 4,152 \text{ mm} < t_{\text{standard}} = 8,18 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{2\text{réel}} = 8,18 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{2\text{int}} = D_{2\text{ext}} - 2 \cdot t_{2\text{réel}} = 203,2 - 16,36 = 186,84 \text{ mm} = 7,35''$$

$$D_{2\text{int}} = 7,35'' = 186,84 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = 217,56 psi ;
- D : Diamètre de pipe = 8'' ;
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = 60×10^3 psi.

6.4.1.3 Vitesse d'écoulement d'eau de collecteur N°07 :

$$V_{2\text{réel}} = \frac{Q_2}{S_{2\text{int}}}$$

$$S_{2\text{ext}} = \frac{\pi \times D_{2\text{ext}}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,1868^2}{4} = 0,0274 \text{ m}^2$$

D'ou:

$$V_{2\text{réel}} = \frac{430}{0,0274 \times 3600} = 4,36 \text{ m/s}$$

$$V_{2\text{réel}} = 4,36 \text{ m/s}$$

Avec :

- $V_{2\text{réel}}$: Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- Q_2 : Débit de collecteur N°07 = 430 m³/h ;
- $S_{2\text{int}}$: Surface intérieure du collecteur N°07 en m² ;
- $D_{2\text{int}}$: Diamètre intérieur du collecteur N°07 = 0,1868 m.

Remarque 2 :

Cette méthode est répétée pour toutes les opérations qui concernent le dimensionnement de la tuyauterie, alors le tableau ci-dessous résume tous les résultats pour le côté de refoulement :

Tab.X.8 : Résultats de la tuyauterie pour le côté de refoulement

Coté	N° de collecteur	Débit (m³/h)	V _{ref} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{ext} (mm)	D _{int} (pce)	D _{int} (mm)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
Refoul-ement	07	430	4	8	203,2	7,35	186,8	8,18	4,36
	08	430	4	8	203,2	7,35	186,8	8,18	4,36
	09 et 10	120	4	6	152,4	5,44	138,2	7,11	2,22
	11	100	4	4	101,6	3,53	89,97	6,02	4,40
	12	30	4	3	76,2	2,56	65,1	5,49	2,50

6.5 ½ Couronnes de refroidissement et ses colonnes montantes :

Les résultats des couronnes de refroidissement et les résultats de ses colonnes montantes sont identiques.

6.5.1 Réservoir N°01 :**6.5.1.1 Données de calcul :**

- Débit pour ½ couronne $Q_a = 15$ l/mn/m de circonférence ;
- Débit pour ½ couronne $Q_b = 2$ l /mn/ moitié de la surface latérale ;
- Périmètre de réservoir = 125,66 m ;
- Surface latérale de réservoir = 1841,03 m².

6.5.1.2 Diamètre extérieur pour ½ couronne de débit Q_a :

➤ Calcul le débit Q_3 :

$$Q_3 = 1/2 \cdot Q_a \times \text{périmètre} \times 60/1000$$

$$Q_3 = 1/2 \cdot 15 \times 125,66 \times 60/1000 \approx 57 \text{ m}^3/\text{h}$$

On a :

$$S_{3ext} = \frac{Q_3}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{3ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{3ext} : La surface extérieure pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit Q_a ;
- $Q_3 = 57 \text{ m}^3/\text{h}$, Débit pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit Q_a ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{3ext} : Diamètre extérieur pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit Q_a .

Donc :

$$D_{3ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_3}{V_{ref}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{57}{4 \times 3600}}{\pi}} = 0,071 \text{ m} \approx 3''$$

$$D_{3ext} = 3'' = 76,2 \text{ mm}$$

6.5.1.3 Diamètre intérieur pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit Q_a :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{3réel}$) à l'aide des formules qui suivent : $t_{3réel} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 3}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,015'' = 0,38 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 0,38 = 0,048 \text{ mm}$$

$$t_{3réel} = 0,38 + 0,048 + 3 = 3,428 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{3réel} = 3,428 \text{ mm} < t_{standard} = 5,49 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{3réel} = 9,52 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{3int} = D_{3ext} - 2 \cdot t_{3réel} = 76,2 - 10,98 = 65,22 \text{ mm} = 2,57''$$

$$D_{3int} = 2,57'' = 65,22 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = 217,56 psi ;
- D : Diamètre de pipe = 3'' ;
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = $60 \times 10^3 \text{ ps}$

6.5.1.4 Vitesse d'écoulement d'eau :

$$V_{3réel} = \frac{Q_3}{S_{3int}}$$

$$S_{3int} = \frac{\pi \times D_{3int}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,065^2}{4} = 0,0033 \text{ m}^2$$

D'ou:

$$V_{3réel} = \frac{57}{0,0033 \times 3600} = 4,60 \text{ m/s}$$

$$V_{3réel} = 4,60 \text{ m/s}$$

Avec :

- $V_{3réel}$: Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- $Q_3 = 57 \text{ m}^3/\text{h}$, Débit pour ½ couronne de débit Q_a ;
- S_{3int} : Surface intérieure pour ½ couronne de débit Q_a ;
- $D_{3int} = 0,065 \text{ m}$, Diamètre intérieur pour ½ couronne de débit Q_a .

6.5.1.5 Diamètre extérieur pour ½ couronne de débit Q_b :**➤ Calcul le débit Q_4 :**

$$Q_4 = \frac{1}{2} \cdot Q_b \times \text{surface latérale} \times 60/1000$$

$$Q_4 = 1/2 \cdot 2 \times 1841,03 \times 60/1000 \approx 110,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

On a :

$$S_{4ext} = \frac{Q_4}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{4ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{4ext} : La surface extérieure pour ½ couronne de débit Q_b ;
- $Q_4 = 110,5 \text{ m}^3/\text{h}$, Débit pour ½ couronne de débit Q_b ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{4ext} : Diamètre extérieur pour ½ couronne de débit Q_b .

Donc :

$$D_{4ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_4}{V_{ref}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{110,5}{4 \times 3600}}{\pi}} = 0,099 \text{ m} \approx 4"$$

$$D_{4ext} = 4" = 101,6 \text{ m}$$

6.5.1.6 Diamètre intérieur pour ½ couronne de débit Q_b :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{4\text{réel}}$) à l'aide des formules qui

suivent : $t_{4\text{réel}} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 4}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,020'' = 0,51 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 0,51 = 0,064 \text{ mm}$$

$$t_{4\text{réel}} = 0,51 + 0,064 + 3 = 3,574 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{4\text{réel}} = 3,574 \text{ mm} < t_{\text{standard}} = 6,02 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{4\text{réel}} = 6,02 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{4\text{int}} = D_{4\text{ext}} - 2 \cdot t_{4\text{réel}} = 101,6 - 12,04 = 89,56 \text{ mm} = 3,53''$$

$$D_{4\text{int}} = 3,53'' = 89,66 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = $10 \times 1,5 = 15 \text{ bar} = 217,56 \text{ psi}$;
- D : Diamètre de pipe = 4'' ;
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = $60 \times 10^3 \text{ psi}$.

6.5.1.7 Vitesse d'écoulement d'eau :

$$V_{4\text{réel}} = \frac{Q_4}{S_{4\text{int}}}$$

$$S_{4\text{int}} = \frac{\pi \times D_{4\text{int}}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,089^2}{4} = 0,0062 \text{ m}^2$$

D'où :

$$V_{3\text{réel}} = \frac{110,5}{0,0062 \times 3600} = 4,95 \text{ m/s}$$

$$V_{3\text{réel}} = 4,95 \text{ m/s}$$

Avec :

- V_{4reel} : Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- $Q_4 = 110,5 \text{ m}^3/\text{h}$, Débit pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit Q_b ;
- S_{4int} : Surface intérieure pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit $Q_b \text{ m}^2$;
- $D_{4int} = 0,089 \text{ m}$, Diamètre intérieur pour $\frac{1}{2}$ couronne de débit Q_b .

Remarque 3 :

Cette méthode est répétée pour tous les bacs pour le dimensionnement des couronnes et ses colonnes montantes, alors le tableau ci-dessous résume les résultats :

Tab.X.9 : Résultats des couronnes et ses colonnes montantes pour chaque bac

N° de bac	Débit pour 1/2 couronne et sa colonne montante (m ³ /h)	V _{ref} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{int} (pce)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
01	57	4	3	2,56	5,49	4,60
	110,5	4	4	3,53	6,02	4,95
02	57	4	3	2,56	5,49	4,60
	110,5	4	4	3,53	6,02	4,95

Nbr des pulvérisateurs :

➤ **Réservoir N°01, $\varnothing = 40\text{m}$:**

$$\text{Nbr} = P' = \pi \times D' = \pi \times (\varnothing + 1) = \pi \times 41 = 128,80 \text{ pulvérisateurs}$$

$$\text{Nbr} = 129 \text{ pulvérisateurs}$$

➤ **Réservoir N°02, $\varnothing = 40\text{m}$:**

$$\text{Nbr} = P' = \pi \times D' = \pi \times (\varnothing + 1) = \pi \times 41 = 128,80 \text{ pulvérisateurs}$$

$$\text{Nbr} = 129 \text{ pulvérisateurs}$$

Avec :

- P' : Périmètre de la couronne ;
- D' : Diamètre de la couronne.

Tab.X.10 : Résumé du nbr de pulvérisateurs pour tous les bacs

N° de bac	Nbr de pulvérisateurs
01	129
02	129
	258

6.6 Collecteurs d'alimentation des chambres à mousse et ses colonnes montantes :

Les résultats des colonnes montantes des chambres à mousse et les résultats de ses collecteurs d'alimentation sont identiques.

6.6.1 Réservoir N°01, contenant gasoil, toit fixe :

6.6.1.1 Données de calculs :

- $\varnothing = 40m$
- Surface de réservoir, $S = 943 \text{ m}^2$

6.6.1.2 Diamètre extérieur de la colonne montante de la chambre à mousse :

➤ Débit des chambres à mousse pour un réservoir à toit fixe :

D'après NFPA 11 (tab 5.2.5.2.2) :

Tab.X.11 : Débit minimal de la chambre à mousse pour un réservoir à toit fixe

Type d'hydrocarbure	Débit minimal de la mousse (l/mn/m ²)	Temps minimal d'application (mn)
Point d'éclair entre 37,8 C° et 60 C°	4,1	30

On prend 5 l/mn/m².

Alors :

$$Q_5 = 5 \times S \times 60/1000 = 5 \times 943 \times 60/1000 = 282,9 \text{ m}^3/h$$

On a :

$$S_{5ext} = \frac{Q_5}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{5ext}^2}{4}$$

Tel que :

- S_{5ext} : La surface extérieure de la colonne montante de la chambre à mousse ;
- Q_5 : Débit de la colonne montante de la chambre à mousse;
- S : Surface de réservoir = 943 m² ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{5ext} : Diamètre extérieur de la colonne montante de la chambre à mousse.

Donc :

$$D_{5ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_5}{V_{ref}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{\frac{282,9}{3600}}{\pi}} = 0,158 \approx 7''$$

$$D_{5ext} = 7'' = 177,8 \text{ mm}$$

6.6.1.3 Diamètre intérieur de la colonne montante de la chambre à mousse :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{5réel}$) à l'aide des formules qui suivent :

$$t_{5réel} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 7}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,035'' = 0,889 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 0,889 = 0,111 \text{ mm}$$

$$t_{5réel} = 0,889 + 0,111 + 3 = 4 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{5réel} = 4 \text{ mm} < t_{standard} = 7,11 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{5réel} = 7,11 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{5int} = D_{6ext} - 2 \cdot t_{5réel} = 152,4 - 14,22 = 138,18 \text{ mm} = 5,44''$$

$$D_{5int} = 5,44'' = 138,18 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = 217,56 psi ;
- D : Diamètre de pipe = 7'' ;
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = 60×10^3 psi.

6.6.1.4 Vitesse d'écoulement d'eau :

$$V_{5réel} = \frac{Q_5}{S_{5int}}$$

$$S_{5ext} = \frac{\pi \times D_{5ext}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,13818^2}{4} = 0,0144 \text{ m}^2$$

D'où :

$$V_{5réel} = \frac{Q_5}{V_{ref}} = \frac{282,9}{0,0144 \times 3600} = 5,46 \text{ m/s}$$

$$V_{5réel} = 5,46 \text{ m/s}$$

Avec :

- $V_{5réel}$: Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- Q_5 : Débit de la colonne montante de la chambre à mousse = 282,9 m³/h ;
- S_{5int} : Surface intérieure de la colonne montante de la chambre à mousse en m² ;
- D_{5int} : Diamètre intérieur de la colonne montante de la chambre à mousse = 0,13818 m.

• **Surface de barrage d'application de la mousse (S_b) :**

La mousse doit être déchargée sur le joint de toit flottant dans le barrage de mousse, et selon API 650 C.3.16.2 : 300 mm ≤ largeur de barrage ≤ 600 mm.

On prend la largeur de barrage de mousse égal à 600 mm, les figures suivantes donnent plus de détails:

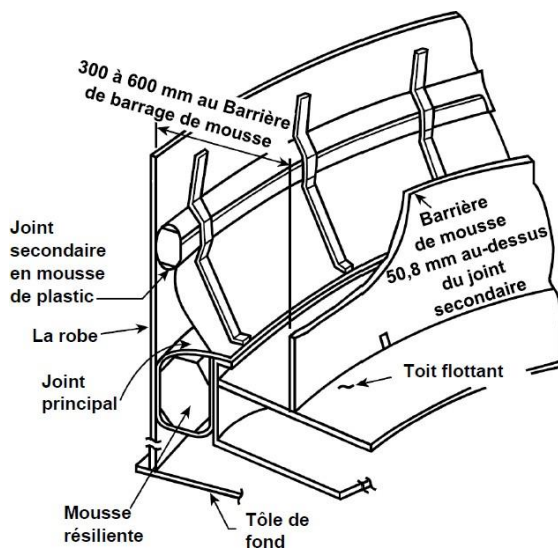


Fig.X.20 : Barrage de mousse[NFPA 11 fig.5.3(d)]

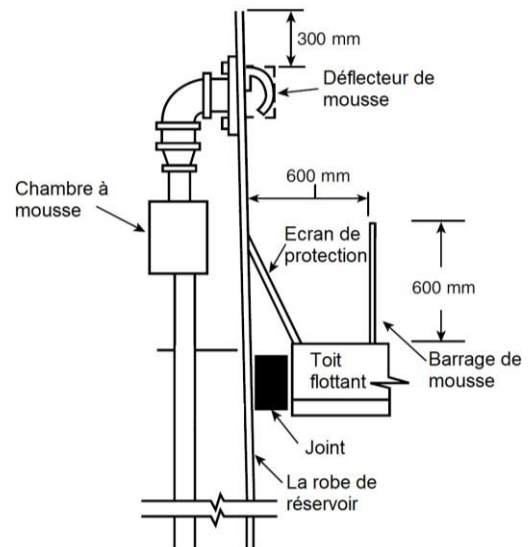


Fig.X.21 : Chambre à mousse[NFPA 11 fig.A.5.3.5.2(A)]

Remarque 4 :

Cette méthode est répétée pour le dimensionnement de toutes les colonnes montantes des chambres à mousse et ses collecteurs d'alimentation pour les bacs à toit fixe et pour les bacs à toit flottant, alors le tableau ci-dessous résume les résultats :

**Tab.X.12 : Résumé des colonnes montantes des chambres àmousse
et ses collecteurs d'alimentation pour tous les bacs**

N° de bac	Débit de collecteur d'alimentation de la chambre à mousse et sa colonne montante (m³/h)	V _{ref} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{int} (pce)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
01	282,9	4	7	5,44	7,11	5,46
02	282,9	4	7	5,44	7,11	5,46

6.7 Collecteurs entre les chambres à mousse :

6.7.1 Nbr des chambres à mousse pour un réservoir à toit fixe :

D'après NFPA 11 (tab 5.2.5.2.1) :

**Tab.X.13 : Nbr des chambres à mousse pour un
réservoir à toit fixe**

Diamètre de bac (m)	Nbr minimum des chambres à mousse
Jusqu'à 24	01
24 à 36	02

6.7.2 Nbr des chambres à mousse pour un réservoir à toit flottant :

On peut déduire le nbr des chambres à mousse à partir de la distance maximale entre eux.

Tab.X.14 : Distance maximale entre les chambres à mousse pour un réservoir à toit flottant [NFPA 11 (tab.5.3.5.3.1)]

Largeur de barrage de mousse (mm)	Distance maximale entre les chambres à mousse (m)
305	12,2
610	24,4

✓ Exemple de calcul :

Pour le réservoir n° 01 de diamètre 40 m et de circonférence 125,66 m, le nombre des chambres à mousse est calculé comme suit :

$$Nbr_{chambres} = \frac{Circonférence}{d_{ch}} = \frac{125,67}{24} = 5,24 \approx 6 \text{ *chambres à mousse*}$$

- Le tableau suivant résume le nbr et le débit des chambres à mousse pour tous les bacs de la centrale de Cap-Djinet.

Tab.X.15 : Nbr et débit des chambres à mousse pour tous les bacs

N° de bac	Nbr des chambres à mousse	Débit de chaque chambre à mousse (m³/h)
01	06	106,05
02	06	67,85

6.7.3 Réservoir N°01, contenant gasoil, toit fixe :

6.7.3.1 Données de calculs :

- $\varnothing = 40 \text{ m}$;
- Débit d'une seule chambre à mousse $Q_7 = 141,4 \text{ m}^3/\text{h}$;

6.7.3.2 Diamètre extérieur de collecteur entre les chambres à mousse :

On a:

$$S_{7ext} = \frac{Q_7}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{7ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{7ext} : La surface extérieure de collecteur entre les chambres à mousse ;
- Q_7 : Débit de collecteur entre les chambres à mousse ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{7ext} : Diamètre extérieur de collecteur entre les chambres à mousse .

Donc :

$$D_{5ext} = \sqrt{\frac{4 \times Q_7}{\pi \times V_{ref}}} = \sqrt{\frac{141,4}{\frac{3600}{\pi}}} = 0,112 \approx 5''$$

$D_{7ext} = 5'' = 127 \text{ mm}$

6.7.3.3 Diamètre intérieur de collecteur entre les chambres à mousse :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{7\text{réel}}$) à l'aide des formules qui suivent :

$$t_{7\text{réel}} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 5}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,025'' = 0,635 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 0,635 = 0,079 \text{ mm}$$

$$t_{7\text{réel}} = 0,635 + 0,079 + 3 = 3,714 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{7\text{réel}} = 3,714 \text{ mm} < t_{\text{standard}} = 6,02 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{7\text{réel}} = 6,02 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{7\text{int}} = D_{7\text{ext}} - 2 \cdot t_{7\text{réel}} = 127 - 12,04 = 114,96 \text{ mm} = 4,53''$$

$$D_{7\text{int}} = 4,53'' = 114,96 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = 217,56 psi ;
- D : Diamètre de pipe = 5'' ;
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = 60×10^3 psi.

6.7.3.4 Vitesse d'écoulement d'eau :

$$V_{7\text{réel}} = \frac{Q_7}{S_{7\text{int}}}$$

$$S_{7\text{int}} = \frac{\pi \times D_{7\text{int}}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,11496^2}{4} = 0,0104 \text{ m}^2$$

D'où:

$$V_{7\text{réel}} = \frac{Q_7}{S_{7\text{int}}} = \frac{141,4}{0,0104 \times 3600} = 3,78 \text{ m/s}$$

$$V_{7\text{réel}} = 3,78 \text{ m/s}$$

Avec :

- $V_{7\text{réel}}$: Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- Q_7 : Débit de collecteur entre les chambres à mousse = 141,4 m³/h ;
- $S_{7\text{int}}$: Surface intérieure de collecteur entre les chambres à mousse en m² ;
- $D_{7\text{int}}$: Diamètre intérieur de collecteur entre les chambres à mousse
= 0,11496 m.

Remarque 5 :

Cette méthode est répétée pour le dimensionnement de tous les collecteurs entre des chambres à mousse pour les bacs à toit fixe et pour les bacs à toit flottant, alorsle tableau ci-dessous résume les résultats :

**Tab.X.16 : Résumé des collecteurs entre les
chambres à mousse pour tous les bacs**

N° de bac	Débit de collecteur entre les chambres à mousse (m ³ /h)	Nbr des colle- cteurs	V _{ref} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{int} (pce)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
01	141,4	06	4	5	4,53	6,02	3,78
02	141,4	06	4	5	4,53	6,02	3,78

6.8 Collecteurs d'alimentation des déversoirs :

6.8.1 Cuvette :

6.8.1.1 Données de calculs :

- Surface de cuvette : $S_c = 6668 \text{ m}^2$;
- Surface des réservoirs : $S_r = 2513,3 \text{ m}^2$;
- On utilise 12 collecteurs.

6.8.1.2 Diamètre extérieur de collecteur d'alimentation des déversoirs :

➤ Débit des déversoirs pour une cuvette de rétention :

D'après NFPA 11 (tab 5.7.3.2) :

Tab.X.17 : Débit minimal de déversoir de cuvette de rétention

Type d'application de mousse	Débit minimal de la mousse (l/mn/m ²)	Temps minimal d'application (mn) [Gasoil]
Déversoir	4,1	20

On prend 5 l/mn/m²

➤ Surface d'application de la mousse (S) :

La mousse doit être déchargée sur la surface nette de la cuvette, c'est-à-dire la surface de cuvette moins la surface des réservoirs.

Alors :

$$S = S_c - S_r = 6668 - 2513,3 = 4154,7 \text{ m}^2$$

On utilise 12 collecteurs, Donc :

$$Q_8 = \frac{5 \times S}{12} = \frac{5 \times 4154,7}{12}$$

$$Q_8 = 1731,12 \text{ l/mn} \approx 104 \text{ m}^3/\text{h}$$

On a :

$$S_{8ext} = \frac{Q_8}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{8ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{8ext} : La surface extérieure de collecteur d'alimentation des déversoirs ;
- Q_8 : Débit de collecteur d'alimentation des déversoirs ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{8ext} : Diamètre extérieur de collecteur d'alimentation des déversoirs.

Donc :

$$D_{8ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_8}{V_{ref}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{\frac{104}{3600}}{\pi}} = 0,0959 \text{ m} \approx 4''$$

$D_{8ext} = 4'' = 101,6 \text{ mm}$

6.8.1.3 Diamètre intérieur de collecteur d'alimentation des déversoirs :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{8réel}$) à l'aide des formules qui suivent :

$$t_{8réel} = t + 12,5 \% \cdot t + 3$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y \cdot R} = \frac{217,56 \times 4}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,02'' = 0,508 \text{ mm}$$

$$12,5 \% \cdot t = \frac{12,5}{100} \times 0,508 = 0,0635 \text{ mm}$$

$$t_{8réel} = 0,508 + 0,0635 + 3 = 3,571 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{8réel} = 3,571 \text{ mm} < t_{standard} = 7,11 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{8réel} = 7,11 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{8int} = D_{8ext} - 2 \cdot t_{8réel} = 101,6 - 14,22 = 87,38 \text{ mm} = 3,44''$$

$D_{8int} = 3,44'' = 87,38 \text{ mm}$
--

Avec :

- P : Pression d'épreuve = $10 \times 1,5 = 15 \text{ bar} = 217,56 \text{ psi}$;
- D : Diamètre de pipe = $4''$;
- Y : coefficient de $R = 0,36$;
- R : Résistance à la traction = $60 \times 10^3 \text{ psi}$.

6.8.1.4 Vitesse d'écoulement d'eau :

$$V_{5réel} = \frac{Q_8}{S_{8int}}$$

$$S_{8int} = \frac{\pi \times D_{8ext}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,08738^2}{4} = 0,006 \text{ m}^2$$

D'ou:

$$V_{8réel} = \frac{104}{0,006 \times 3600}$$

$$V_{8réel} = 4,81 \text{ m/s}$$

Avec :

- $V_{8réel}$: Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- Q_8 : Débit de collecteur d'alimentation des déversoirs = 104 m³/h ;
- S_{8int} : Surface intérieure de collecteur d'alimentation des déversoirs en m² ;
- D_{8int} : Diamètre intérieur de collecteur d'alimentation des déversoirs = 0,08738 m.

Remarque 6 :

Cette méthode est répétée pour le dimensionnement de tous les collecteurs d'alimentation des déversoirs pour toutes les cuvettes, alors le tableau ci-dessous résume les résultats :

Tab.X.18 : Résumé des collecteurs d'alimentation des déversoirs pour toutes les cuvettes

N° Cuvette	Nbr des colle- cteurs	Débit de collecteur d'alimentation de déversoir		V _{ref} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{int} (pce)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
		m ³ /h	l/min					
01	12	104×12	1733,33×12	4	4	3,44	7,11	4,81

6.9 Collecteurs des déversoirs :

6.9.1 Nbr des déversoirs d'une cuvette de rétention :

D'après NFPA 11 (tab 5.7.3.5.3.2) :

Pour un déversoir de débit de décharge de mousse supérieur à 225 l/min, la distance maximale entre les déversoirs : $d_{max} = 18\text{m}$.

✓ **Exemple de calcul :**

Pour la cuvette de périmètre égal à 400m, le nbr des déversoirs est calculé comme suit :

$$Nbr_{déversoirs} = \frac{\text{périmètre de cuvette}}{d_{max}} = \frac{400}{18} = 22,22 \approx \mathbf{23 \text{ déversoirs}}$$

Donc le débit pour un seul déversoir Q_9 est :

$$Q_9 = \frac{Q_{total}}{Nbr_{déversoirs}} = \frac{104 \times 12}{23} = \mathbf{54,26 \text{ m}^3/\text{h}}$$

➤ Le tableau suivant résume le nbr et le débit de tous les déversoirs pour la cuvette.

Tab.X.19 : Nbr et débit des déversoirs pour la cuvette.

N° de cuvette	Nbr des déversoirs	Débit de chaque déversoir	
		m ³ /h	l/mn
01	23	54,26	904,33

On a :

$$S_{9ext} = \frac{Q_9}{V_{ref}} = \frac{\pi \times D_{9ext}^2}{4}$$

Tels que :

- S_{9ext} : La surface extérieure de collecteur de déversoir ;
- Q_9 : Débit de collecteur de déversoir ;
- V_{ref} : La vitesse de refoulement = 4 m/s ;
- D_{9ext} : Diamètre extérieur de collecteur de déversoir.

Donc :

$$D_{9ext} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q_9}{V_{ref}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{54,26}{3600 \pi}} = \mathbf{0,0693 \text{ m} \approx 3''}$$

$D_{9ext} = 3'' = 76,2 \text{ mm}$

6.9.1.1 Diamètre intérieur de collecteur de déversoir :

D'abord on calcule l'épaisseur ($t_{9réel}$) à l'aide des formules qui suivent :

$$t_{9réel} = t + 12,5 \% . t + 3$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times Y . R} = \frac{217,56 \times 3}{2 \times 0,36 \times 60 \times 10^3} = 0,0151'' = 0,383 \text{ mm}$$

$$12,5 \% . t = \frac{12,5}{100} \times 0,383 = 0,048 \text{ mm}$$

$$t_{9réel} = 0,383 + 0,048 + 3 = 3,431 \text{ mm}$$

D'après le tableau (tab.X.4) on a :

$$t_{9réel} = 3,431 \text{ mm} < t_{standard} = 5,74 \text{ mm}$$

Alors :

$$t_{9réel} = 5,74 \text{ mm}$$

Donc :

$$D_{9int} = D_{9ext} - 2 . t_{9réel} = 76,2 - 11,48 = 64,72 \text{ mm} = 2,55''$$

$$D_{9int} = 2,55'' = 64,72 \text{ mm}$$

Avec :

- P : Pression d'épreuve = 217,56 psi ;
- D : Diamètre du pipe = 3'';
- Y : coefficient de R = 0,36 ;
- R : Résistance à la traction = 60×10^3 psi.

6.9.1.2 Vitesse d'écoulement d'eau :

$$V_{9réel} = \frac{Q_9}{S_{9int}}$$

$$S_{9int} = \frac{\pi \times D_{9int}^2}{4} = \frac{\pi \times 0,06472^2}{4} = 0,00329 \text{ m}^2$$

D'ou:

$$V_{9réel} = \frac{54,26}{0,00329 \times 3600} = 4,58 \text{ m/s}$$

$$V_{9réel} = 4,58 \text{ m/s}$$

Avec :

- $V_{grél}$: Vitesse réelle d'écoulement d'eau en m/s ;
- Q_9 : Débit de collecteur de déversoir = 54,26 m³/h ;
- S_{9int} : Surface intérieure de collecteur de déversoir en m² ;
- D_{9int} : Diamètre intérieur de collecteur de déversoir = 0,06472m.

Remarque 7 :

Cette méthode est répétée pour le dimensionnement de tous les collecteurs entre les déversoirs pour la cuvette, alors le tableau ci-dessous résume les résultats :

Tab.X.20 : Nbr et débit des collecteurs des déversoirs pour la cuvette

N° cuvette	Nbr des collecteurs entre déversoirs	Débit de chaque collecteur (m ³ /h)	V _{ref} (m/s)	D _{ext} (pce)	D _{int} (pce)	t (mm)	V _{écl} (m/s)
01	23	54,26	4	3	2,55	5,74	4,58

7 Calcul du volume des USD (V_u) :**Calcul pour la cuvette :**

- Débit d'émulseur : $Q_{ém1} = 7,545 \text{ m}^3/\text{h}$; (Chap II, 4.1.2)
- Temps d'application de la mousse : $T_m = 30 \text{ mn}$; (Chap X, tab.X.11)

Donc :

$$V_u = \frac{Q_{ém1} \times T_m}{60} = \frac{7,545 \times 30}{60} \approx 3,8 \text{ m}^3$$

$V_u = 3,8 \text{ m}^3$

8 Conclusion :

Les résultats obtenus depuis l'étude dimensionnelle de la tuyauterie, tel que les diamètres des pipes et les vitesses d'écoulement de l'eau d'incendie, sont inéluctables pour le calcul des pertes de charge dans le prochain chapitre.

CHAPITRE XI

PERTES DE CHARGE

CHAPITRE XI: PERTES DE CHARGE

1 Introduction :

L'eau a besoin de pression pour pouvoir circuler dans le réseau d'incendie, cette pression est connue par le **HMT** de la pompe (la hauteur manométrique). D'autre part nous venons de voir qu'il y a des pertes de pression le long du parcours d'un fluide dans les tuyauteries. Après le calcul de ce dernier on va déterminer le **HMT** de notre pompe de réseau d'incendie qui est le but de ce chapitre.

2 Les pertes de charge :

Lorsqu'une certaine quantité d'un fluide circule à travers une installation, cela provoque un frottement. Les molécules de fluide frottent plus ou moins contre la paroi intérieure de la tuyauterie en fonction de la rugosité de cette dernière. Lors du passage dans les coudes, le fluide subit un changement de direction : dans les réductions, la même quantité de fluide doit passer dans un diamètre inférieur, etc...

L'ensemble de ces frottements est appelé : **les pertes de charge ou pertes de pression**. On distingue deux types de pertes de charge (pertes de charge linéaires et pertes de charge singulières). Dans nos calculs on va obtenir les résultats des pertes de charge en mètre colonne d'eau (**mce**) qui est égal à 0,1 **bar**.

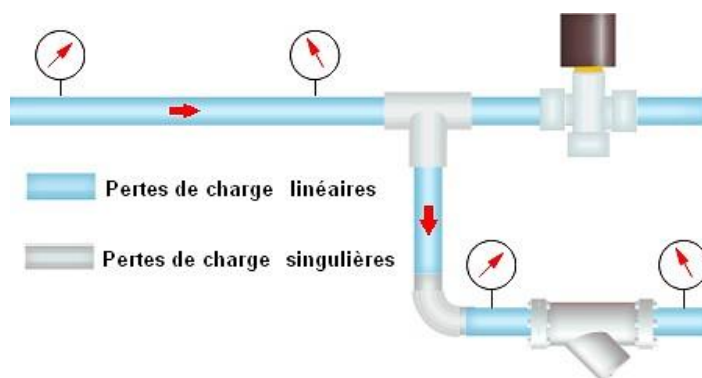


Fig.XI.1 : Types des pertes de charge

2.1 Pertes de charge linéaires :

Les chutes de pression dues aux longueurs de tuyauteries droites que l'on appellera **des pertes de charge linéaires**. La résistance à l'écoulement d'un fluide dans un tuyau sera d'autant plus grande que :

- a- Sa section ou son diamètre est petit. En effet, un petit tuyau est presque un bouchon, il s'oppose fortement au passage du liquide.
- b- Sa rugosité intérieure est grande. En effet, tous ces grains de matière créent des turbulences et donc un écoulement désordonné de l'eau, ce qui augmente les pertes. Il faudra donc prendre en considération la matière du tuyau.
- c- Sa longueur est grande. Il est effectivement plus difficile à l'eau de traverser 10 mètres de tuyau que quelques centimètres.

2.1.1 Formules de calcul des pertes de charge linéaires :

Pour chaque mètre de tube, les pertes de charge linéaires peuvent être calculées avec la

$$\text{formule : } \Delta P_l = \left(\lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Tels que :

- ΔP_l : Pertes de charge linéaires (mce) ;
- λ : Coefficient de perte de charge (s.u) ;
- L : Longueur de la canalisation (m) ;
- V : Vitesse d'écoulement (m/s) ;
- D : Diamètre de la canalisation (m) ;
- g : Gravité (m/s²).

2.1.1.1 Coefficient de perte de charge :

Quand on connaît le diamètre du tube, sa longueur, la vitesse de l'eau et la gravité, le seul paramètre à déterminer reste le **coefficient de perte de charge λ** : coefficient qui varie en fonction **du régime d'écoulement de fluide** qui est caractérisé par le **nombre de Reynold (R_e)**.

Pour calculer (R_e) on utilise une des trois (03) formules suivantes :

a- **Dans un régime d'écoulement laminaire** : $R_e < 2000$

$$\lambda = 64/R_e \text{ ————— (Formule de Poiseuille)}$$

b- **Dans un régime d'écoulement turbulent lisse** : $2000 < R_e < 10^5$

$$\lambda = 0,3164 \times \sqrt[4]{R_e} \text{ ————— (Formule de Blasius)}$$

c- **Dans un régime d'écoulement turbulent rugueux** : $R_e > 10^5$

$$\lambda = 0,79 \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{D}} \text{ ————— (Formule de Blench)}$$

✓ **Formule de Blench** :

Pour les tuyaux industriels, l'une des expressions les plus simples et donnant de bons résultats est celle-ci de Blench.

➤ **Nbr de Reynold R_e** :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Tels que :

- ε : Rugosité de la canalisation (m) ;
- D : Diamètre de la canalisation (m) ;
- V : Vitesse d'écoulement (m/s) ;
- ν : Viscosité cinématique d'eau (m²/s).

2.2 Pertes de charge singulières :

Lorsque le fluide rencontre sur son parcours un obstacle local tel que vanne, té, coude, clapet anti retour, filtre, soupape, etc..., il se crée des turbulences causant également des pertes de pression. Ces pertes dépendent de :

- La nature de l'obstacle : ξ
- D'un coefficient proportionnel au carré de la vitesse de fluide : V^2

$$\frac{V^2}{2g}$$

2.2.1 Formules de calcul des pertes de charge singulières :

On calcule les pertes de charge singulières avec la formule :

$$\Delta P_s = \left(\xi \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Tels que :

- ΔP_s : Pertes de charge singulières (mce) ;
- ξ : Coefficient de singularité (s.u) ;
- V : Vitesse d'écoulement (m/s) ;
- g : Gravité (m/s²).

2.2.1.1 Coefficient de singularité ξ :

Le diamètre et la nature de l'obstacle sont les paramètres qui influent sur le coefficient de singularité, le tableau suivant résume les coefficients de singularité nécessaires pour nos calculs :

Tab.XI.1 : Les coefficients de singularités ξ besoin pour le calcul

$\emptyset$	Coude 90°	Coude 45°	Té déviation	Té passage direct	Vanne	Clapet anti-retour
3"	0,54	0,29	1,08	/	0,81	0,72
4"	0,51	0,27	1,02	/	0,77	0,68
6"	0,45	0,24	0,90	/	0,68	0,60
8"	0,42	0,22	0,84	0,28	0,63	0,56
14"	/	0,21	0,78	0,26	0,46	/

2.3 Pertes de charge totales ΔP :

Les pertes de charge totales d'un tronçon est la somme des pertes de charges linéaires et des pertes de charge singulières.

$$\Delta P = \Sigma \Delta P_{(\text{Linéaires})} + \Sigma \Delta P_{(\text{Singulières})}$$

3 Calcul des pertes de charge totales de côté aspiration ΔP_{asp} :

La conduite d'aspiration se compose de six (06) tronçons, un tronçon de collecteur principale d'aspiration sortant du réservoir, et cinq (05) tronçons du piquage d'aspiration partagés sur les pompes tel que :

- ❖ **Tronçon 01** : collecteur principal d'aspiration **430 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 02** : collecteur d'aspiration motopompe **430 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 03** : collecteur d'aspiration électropompe **120 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 04** : collecteur d'aspiration électropompe **120 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 05** : collecteur d'aspiration électropompe **100 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 06** : collecteur d'aspiration de pompe-jockey **30 m³/h**.

3.1 Calcul des pertes de charge du tronçon 01 ΔP_{asp1} :

Données de calcul :

- Longueur du tronçon : $L = 16 \text{ m}$;
- Diamètre du tronçon : $D = 14'' = 0,356 \text{ m}$;
- Débit du tronçon : $Q = 430 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Viscosité cinématique d'eau à $20^\circ\text{C} = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Rugosité de la conduite : $\varepsilon = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;
- Gravité : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- Vitesse d'écoulement d'eau dans le tronçon : $V = 1,35 \text{ m/s}$.

3.1.1 Pertes de charge linéaires ΔP_{l1} :

- Calcul du nombre de Reynold R_{e1} :

$$R_{e1} = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{1,35 \times 0,356}{1,01 \times 10^{-6}} = 4,76 \times 10^5 > 10^5$$

Alors :

- Calcul du coefficient de pertes de charges λ_1 :

✓ On utilise la formule de **Blench** :

$$\lambda_1 = 0,79 \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{D}} = 0,79 \cdot \sqrt{\frac{0,03 \cdot 10^{-3}}{0,356}} = 0,007$$

- Pertes de charges linéaires :

$$\Delta P_{l1} = \left(\lambda_1 \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) = 0,0073 \times \frac{16}{0,356} \times \frac{1,35^2}{2 \times 9,81} = 3,05 \cdot 10^{-2} \text{ mce}$$

$\Delta P_{l1} = 3,05 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$

3.1.2 Pertes de charge singulières ΔP_{s1} :

- Coefficient ξ total dans le tronçon 01 d'aspiration :

Tab.XI.2 : Coefficient ξ de singularités aspiration du tronçon 01

Types de singularité	Nombre	Coefficient ξ	Total
Tés	05	0,26	1,3
Vannes	01	0,46	0,46
		$\Sigma \xi$	1,76

- Pertes de charge singulières :

$$\Delta P_{s1} = \frac{V^2}{2g} \cdot \Sigma \xi = \frac{1,35^2}{2 \times 9,81} \cdot 1,76 = 1,63 \cdot 10^{-1} mce$$

$$\Delta P_{s1} = 1,63 \cdot 10^{-2} bars$$

3.1.3 Pertes de charge totales du tronçon 01 ΔP_{asp1} :

$$\Delta P_{asp1} = \Delta P_{l1} + \Delta P_{s1} = 3,05 \cdot 10^{-3} + 1,63 \cdot 10^{-2} = 1,20 \cdot 10^{-2} bars$$

$$\Delta P_{asp1} = 1,20 \cdot 10^{-2} bars$$

Remarque 1 :

Cette méthode est répétée pour toutes les opérations qui concerne le calcul des pertes de charge des autres tronçons, alors le tableau suivant résume tous les résultats du côté d'aspiration :

Tab.XI.3 : Tableau récapitulatif des pertes de charge linéaires et singulières pour le côté aspiration

Côté d'aspiration		
Tronçon \ Pertes charges	Linéaires (bar)	Singulières (bar)
Tronçon 01	$3,05 \cdot 10^{-3}$	$1,63 \cdot 10^{-2}$
Tronçon 02	$5,25 \cdot 10^{-4}$	$9,74 \cdot 10^{-3}$
Tronçon 03	$1,65 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-2}$
Tronçon 04	$1,65 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-2}$
Tronçon 05	$1,11 \cdot 10^{-3}$	$1,09 \cdot 10^{-2}$
Tronçon 06	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$2,01 \cdot 10^{-2}$
Total	$10,76 \cdot 10^{-3}$	$8,78 \cdot 10^{-2}$
	ΔP_{asp}	$9,86 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$

Donc :

Les pertes de charge totales pour le côté aspiration (ΔP_{asp}) est :

$$\Delta P_{asp} = 9,86 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

4 Calcul des pertes de charge totales de côté refoulement ΔP_{ref} :

La conduite de refoulement se compose de six (06) tronçons, un tronçon de collecteur principale de refoulement qui forme la boucle d'incendie, et cinq (05) tronçons de refoulement des pompes partagés comme suivant :

- ❖ **Tronçon 01** : collecteur principal de refoulement **430 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 02** : collecteur de refoulement motopompe **430 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 03** : collecteur de refoulement électropompe **120 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 04** : collecteur de refoulement électropompe **120 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 05** : collecteur de refoulement électropompe **100 m³/h** ;
- ❖ **Tronçon 06** : collecteur de refoulement de pompe-jockey **30 m³/h**.

4.1 Calcul des pertes de charge du tronçon 01 ΔP_{ref1} :

- On prend le point le plus éloigné (le cas le plus défavorable).

Données de calcul :

- Longueur du tronçon : $L = 675 \text{ m}$;
- Diamètre du tronçon : $D = 8'' = 0,2 \text{ m}$;
- Débit du tronçon : $Q = 430 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Viscosité cinématique d'eau à $20^\circ\text{C} = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Rugosité de la conduite : $\varepsilon = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;
- Gravité : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- Vitesse d'écoulement d'eau dans le tronçon : $V = 4,36 \text{ m/s}$.

4.1.1 Pertes de charge linéaires ΔP_{l2} :

- Calcul du nombre de Reynold R_{e2} :

$$R_{e1} = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{4,36 \times 0,2}{1,01 \times 10^{-6}} = 8,63 \times 10^5 > 10^5$$

Alors :

- Calcul du coefficient de pertes de charges λ_2 :

- ✓ On utilise la formule de **Blench** :

$$\lambda_1 = 0,79 \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{D}} = 0,79 \cdot \sqrt{\frac{0,03 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 0,0097$$

- Pertes de charges linéaires :

$$\Delta P_{l2} = \left(\lambda_2 \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) = 0,0097 \times \frac{675}{0,2} \times \frac{4,36^2}{2 \times 9,81} = 31,72 \text{ mce}$$

$\Delta P_{l2} = 3,17 \text{ bars}$

4.1.2 Pertes de charge singulières ΔP_{s2} :

- Coefficient ξ total dans le tronçon 01 de refoulement :

Tab.XI.4 : Coefficient ξ de singularités refoulement du tronçon 01

Types de singularité	Nombre	Coefficient ξ	Total
Tés	25	0,28	7
Coudes 90°	04	0,42	1,68
Vannes	11	0,63	6,93
Clapets anti-retour	01	0,56	0,56
		$\Sigma \xi$	16,17

- Pertes de charge singulières :

$$\Delta P_{s2} = \frac{v^2}{2g} \cdot \Sigma \xi = \frac{4,36^2}{2 \times 9,81} \times 16,17 = 15,67 \text{ mce}$$

$$\Delta P_{s2} = 1,57 \text{ bars}$$

Pertes de charge totales du tronçon 01 ΔP_{ref1} :

$$\Delta P_{ref1} = \Delta P_{l2} + \Delta P_{s2} = 3,17 + 1,57 = 4,74 \text{ bars}$$

$$\Delta P_{ref1} = 4,74 \text{ bars}$$

Remarque 2 :

Cette méthode est répétée pour toutes les opérations qui concerne le calcul des pertes de charge des autres tronçons, alors le tableau suivant résume tous les résultats du côté de refoulement :

Tab.XI.5 : Tableau récapitulatif des pertes de charge linéaires et singulières pour le côté refoulement

Côté refoulement		
Tronçon \ Pertes charges	Linéaires (bar)	Singulières (bar)
Tronçon 01	3,17	1,57
Tronçon 02	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$1,87 \cdot 10^{-1}$
Tronçon 03	$9,08 \cdot 10^{-3}$	$8,34 \cdot 10^{-2}$
Tronçon 04	$9,08 \cdot 10^{-3}$	$8,34 \cdot 10^{-2}$
Tronçon 05	$6,55 \cdot 10^{-2}$	$3,70 \cdot 10^{-1}$
Tronçon 06	$1,65 \cdot 10^{-2}$	$1,18 \cdot 10^{-1}$
Total	3,28	2,41
	ΔP_{ref}	5,69 bars

Donc :

Les pertes de charge totales pour le coté de refoulement (ΔP_{ref}) est :

$$\Delta P_{ref} = 5,69 \text{ bars}$$

5 Calcul des pertes de charge totales $\Delta P_{totales}$:

Les pertes de charge totales seront obtenues par calculer la somme des pertes de charge totales du côté d'aspiration et les pertes de charge totale du côté de refoulement :

$$\Delta P_{totales} = \Delta P_{asp} + \Delta P_{ref} = 9,86 \cdot 10^{-2} + 5,69 = 5,79 \text{ bars}$$

$$\Delta P_{totales} = 5,79 \text{ bars}$$

6 Calcul du HMT de la pompe :

La hauteur manométrique totale, qui se mesure en mètres de colonne d'eau (**mce**), dépend la hauteur entre le niveau de l'eau de la source (**bac d'eau incendie**) et le point le plus défavorable de la canalisation d'incendie (**plus grande hauteur des bacs de la centrale de Cap-Djinet**), de la pression de service désirée et des pertes de charges totales qu'on a déjà calculées. La formule suivante résume la méthode de calcul de **HMT** :

$$HMT = \Delta P + P_r + H_h$$

Tels que :

- **HMT** : Hauteur manométrique totales en (mce) ;
- **ΔP** : Perte de charge côté d'aspiration en (mce) ;
- **P_r** : Pression de service en (mce) ;
- **H_h** : Charge hydraulique en (mce).

6.1 Calcul de la charge hydraulique :

C'est une pression créée à cause de la dénivellation entre le plan d'eau le plus bas et le point le plus élevé de la canalisation. On peut la calculer avec la formule ci- dessous :

$$H_h = \rho \times g \times h = 1000 \times 9,81 \times 18,61 = 182564,1 \text{ pa}$$

$$H_h = 18,3 \text{ mce}$$

Tels que :

- **H_h** : Charge hydraulique en (Pa) ;
- **ρ** : Masse volumique de l'eau : 1000 kg/m^3 ;
- **g** : Accélération de la pesanteur : $9,81 \text{ m/s}^2$;
- **h** : Plus grande hauteur des bacs : 18,61 m.

✓ **Application numérique :**

$$HMT = \Delta P + P_r + H_h = 57,9 + 100 + 18,3 = 176,2 \text{ mce}$$

$$HMT = 177 \text{ mce}$$

Tels que :

- **ΔP** : 5,97 bar = 57,9 mce ;
- **P_r** : 10 bar = 100 mce ;
- **H_h** : 18,3 mce.

7 Conclusion :

Un bon résultat de calcul des pertes de charge est basé sur la détermination du régime d'écoulement de l'eau d'incendie et l'analyse des plans isométriques pour bien identifier les caractéristiques du réseau anti-incendie, tels que les longueurs des tronçons concernés pour le calcul et les équipements, vannes, tés, et coudes etc..., afin d'obtenir le HMT de la pompe d'incendie qu'on a trouvé égal à **177 mce**.

CHAPITRE XII

RESISTANCE

DE

LATUYAUTERIE

CHAPITRE XII: RESISTANCE DE LA TUYAUTERIE

1 Introduction :

Une tuyauterie forme une structure tridimensionnelle dans l'espace qui, durant sa vie, se trouve soumise à un certain nombre d'actions qui engendrent des contraintes ; celles-ci peuvent être introduites à l'origine, par la fabrication et le montage, ou bien apparaître à la suite de diverses circonstances, pendant les essais, en fonctionnement ou à la mise à l'arrêt.

On doit tenir compte dans l'étude d'une tuyauterie des modes de sollicitations suivantes :

- ❖ La pression intérieure ou extérieure,
- ❖ L'effet de la pesanteur,
- ❖ Les sollicitations d'origine climatique (vent, neige),
- ❖ Les mouvements du sol (séisme, tassement),
- ❖ Les variations de la température (dilatation ou contraction).

2 Utilisation du logiciel AUTOPIPE :

Pour gagner du temps, et pour diminuer les erreurs et les coûts de réalisation, on utilise le logiciel (**AutoPIPE V8i SELECT series 5**), qui est basé sur le code **ASME (B31.3.2012)**. Cette étude se fait pour analyser le comportement de la tuyauterie pour le côté d'aspiration et pour le côté de refoulement en introduisant les différentes contraintes exercées sur la tuyauterie, pour obtenir les résultats du **ratio stress** et **les déplacements** dans tout point de la canalisation afin de vérifier sa résistance. **Ces simulations** permettent de bien placer **les supports** de la tuyauterie et choisir ses types, ainsi que pour maîtriser des changements sur la conception de réseau anti-incendie si c'est nécessaire, avant qu'il soit réalisé en terrain.

3 Données de calcul :

- **Matériau de la canalisation** : A53 gr B.
- **Température** : -5°C à +55°C.
- **Gravité** : 9,81 m/s².
- **Séisme** : - Classe de site : 3 ;
 - Accélération de spectre : 0,19 m/s² ;
 - Coefficient d'amortissement : 1,5 ;
 - Période fondamentale : 4 s.
- **Vent** : - Toutes directions horizontales (X, -X, Y, -Y) ;
 - Pression du vent : 1082,2 N/mm².
- **Pression** : 10 bars = 1 N/mm².

4 Analyse de la ligne d'aspiration :

4.1 Modélisation de la ligne d'aspiration :

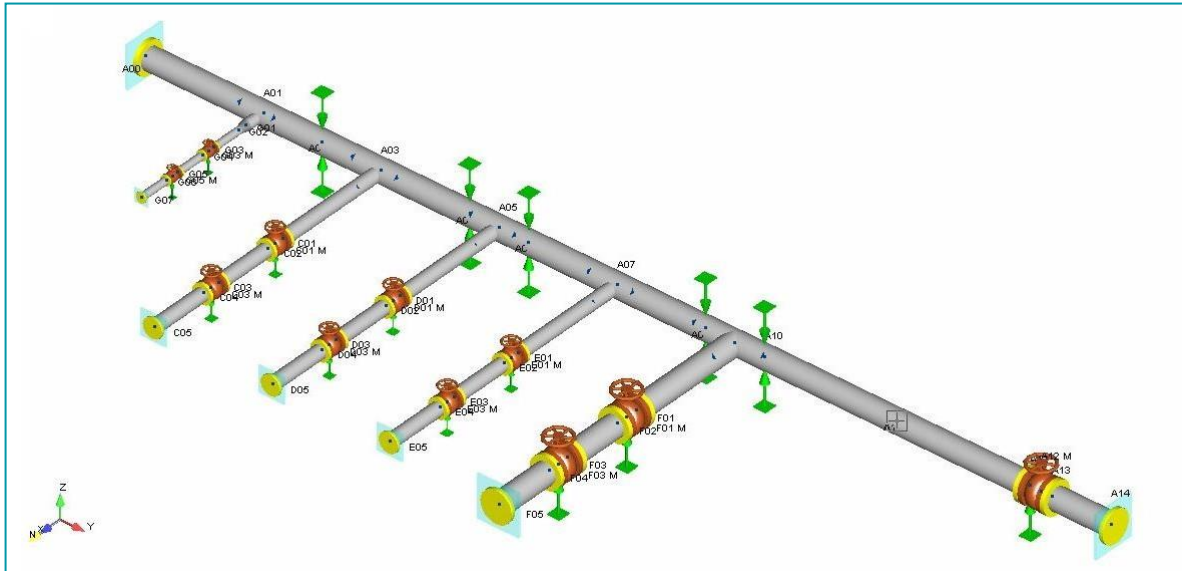


Fig.XII.1 : Modélisation de la ligne d'aspiration

4.2 Analyse des ratios stress de la ligne d'aspiration :

4.2.1 Ratio de la gravité + la pression de la ligne d'aspiration :

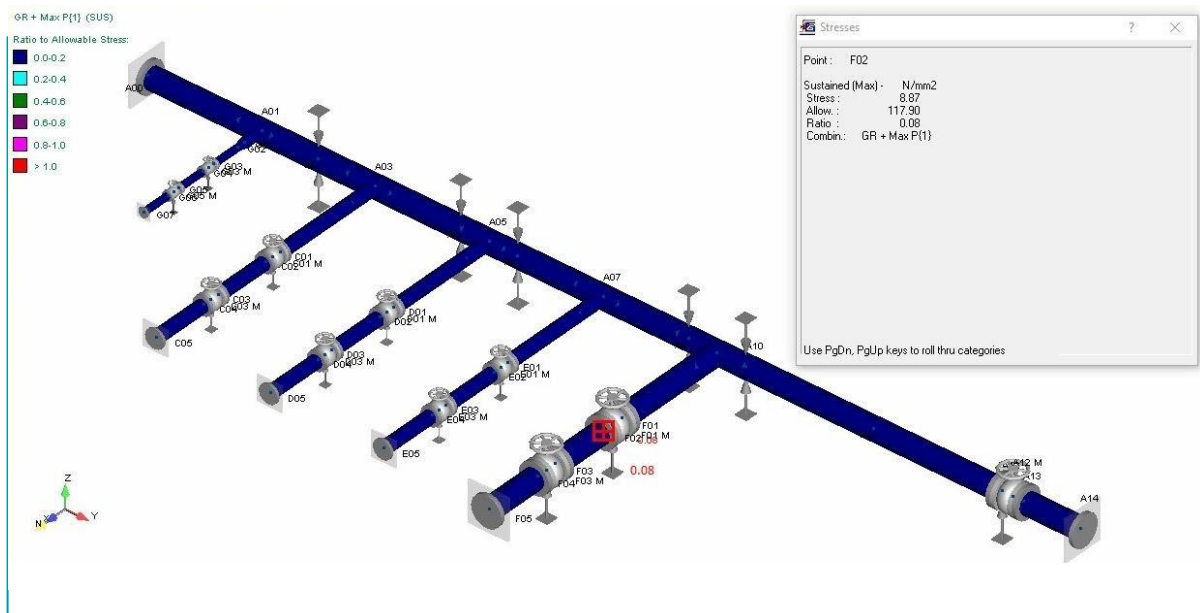


Fig.XII.2 : Ratio de la gravité + la pression de la ligne d'aspiration

4.2.2 Ratio maximal du vent de la ligne d'aspiration :

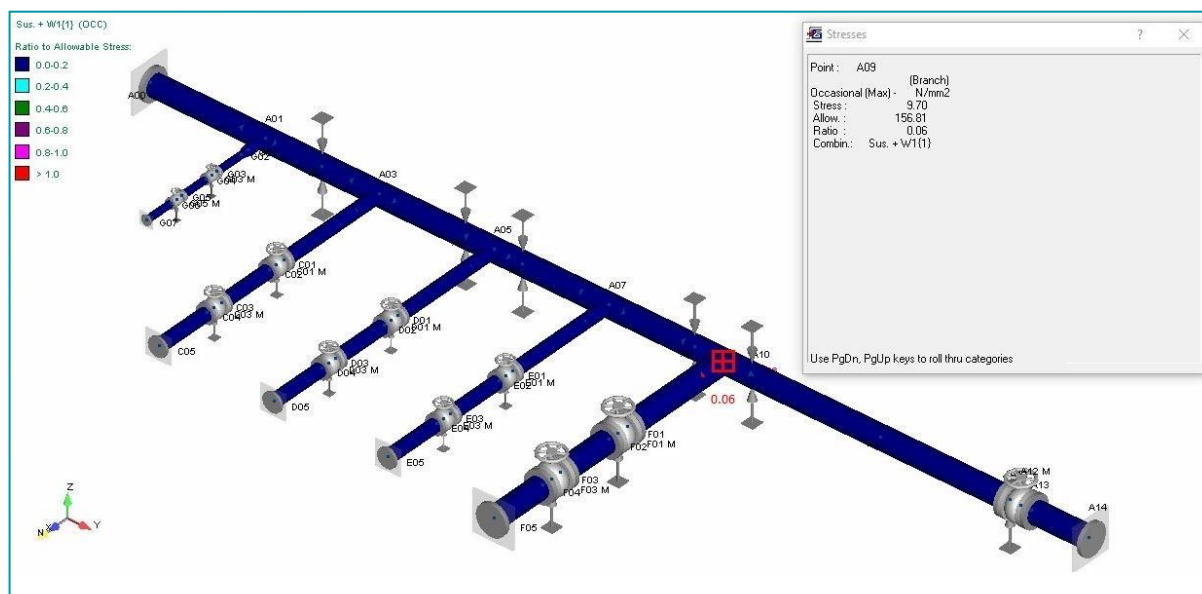


Fig.XII.3 : Ratio maximal du vent de la ligne d'aspiration

4.2.3 Ratio du séisme de la ligne d'aspiration :

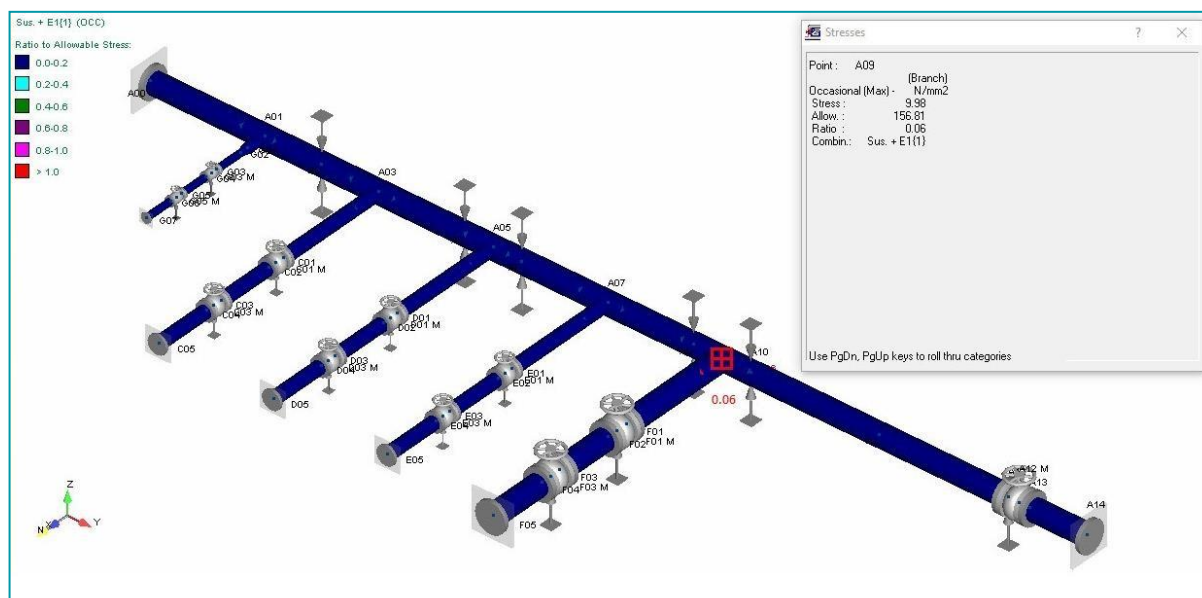


Fig.XII.4 : Ratio du séisme de la ligne d'aspiration

4.2.4 Ratio de la température (+55°C) de la ligne d'aspiration :

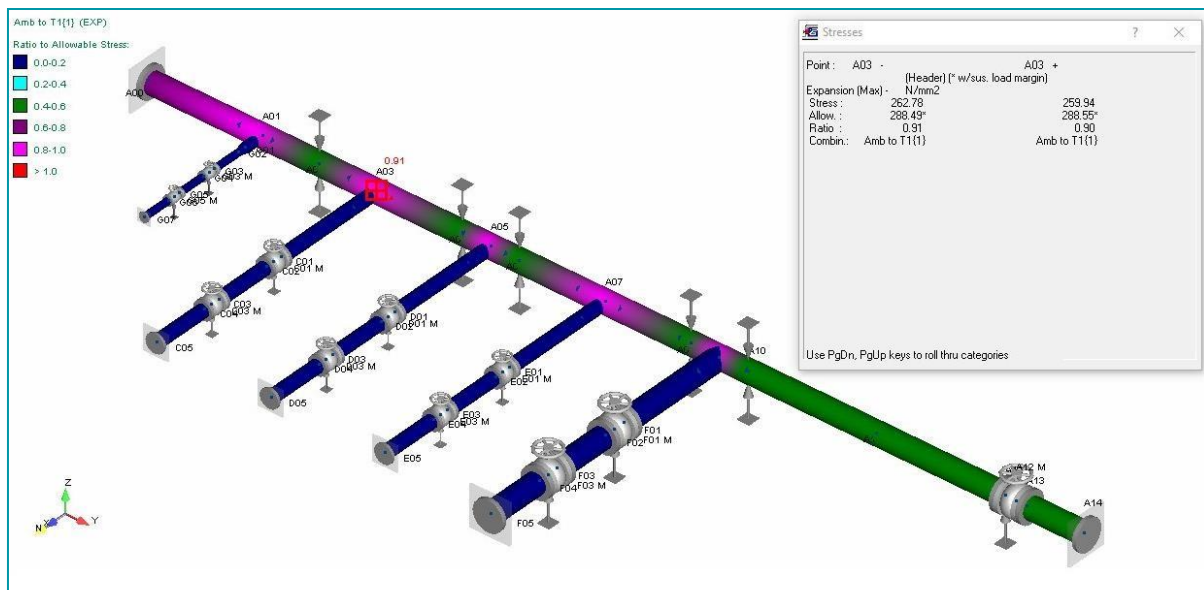


Fig.XII.5 : Ratio de la température (+55°C) de la ligne d'aspiration

4.2.5 Ratio de la température (-5°C) de la ligne d'aspiration :

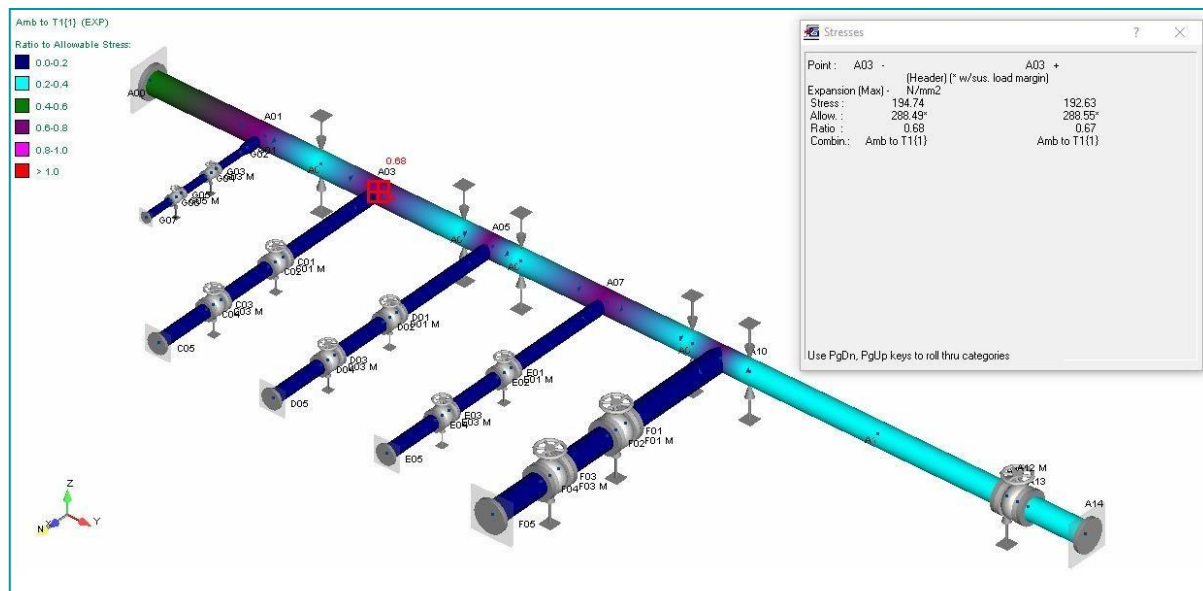


Fig.XII.6 : Ratio de la température (-5°C) de la ligne d'aspiration

4.2.6 Ratio maximal de la ligne d'aspiration :

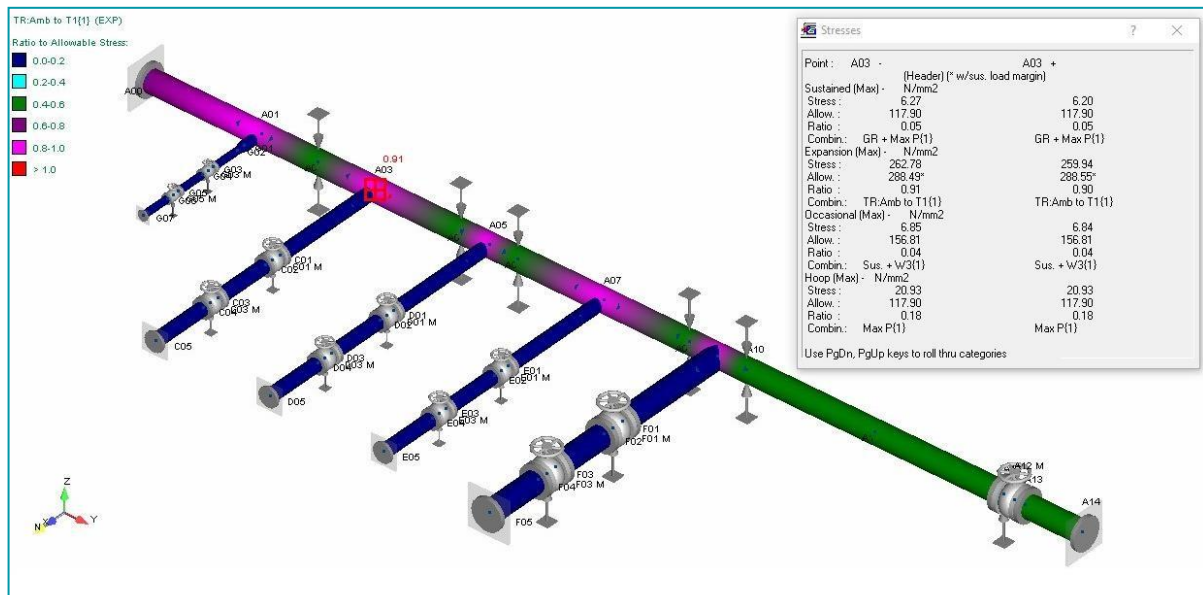


Fig.XII.7 : Ratio maximal de la ligne d'aspiration

Remarque 1 :

On observe que le ratio maximal de stress de la ligne d'aspiration est dû à l'effet de la température (+55°C)

4.3 Analyse des déplacements de la ligne d'aspiration :

4.3.1 Déplacement dû à la gravité de la ligne d'aspiration :

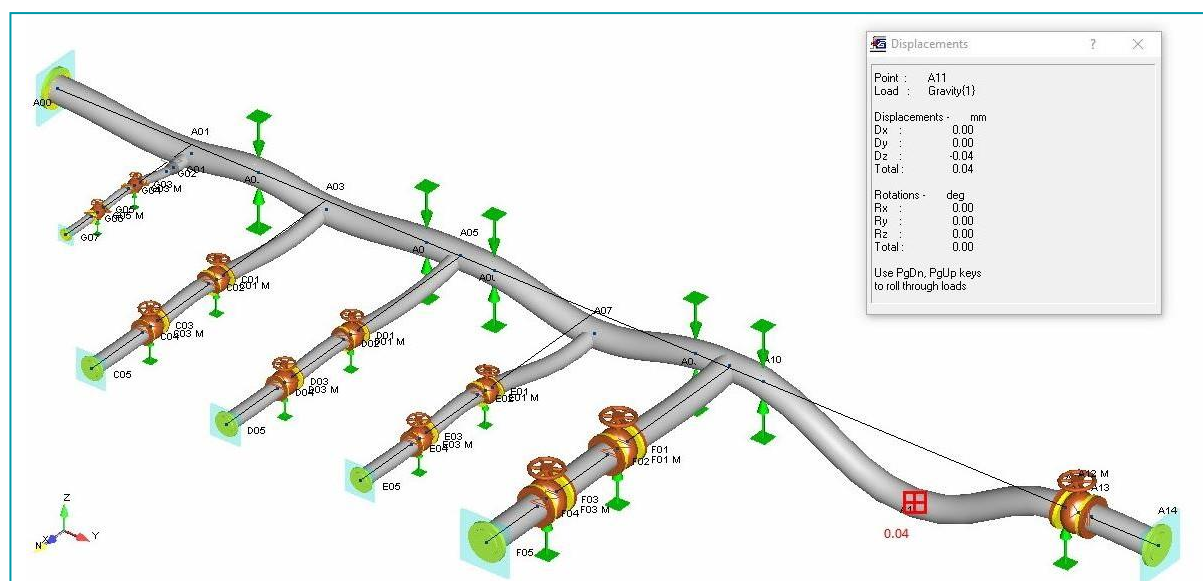


Fig.XII.8 : Déplacement dû à la gravité de la ligne d'aspiration

4.3.2 Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne d'aspiration :

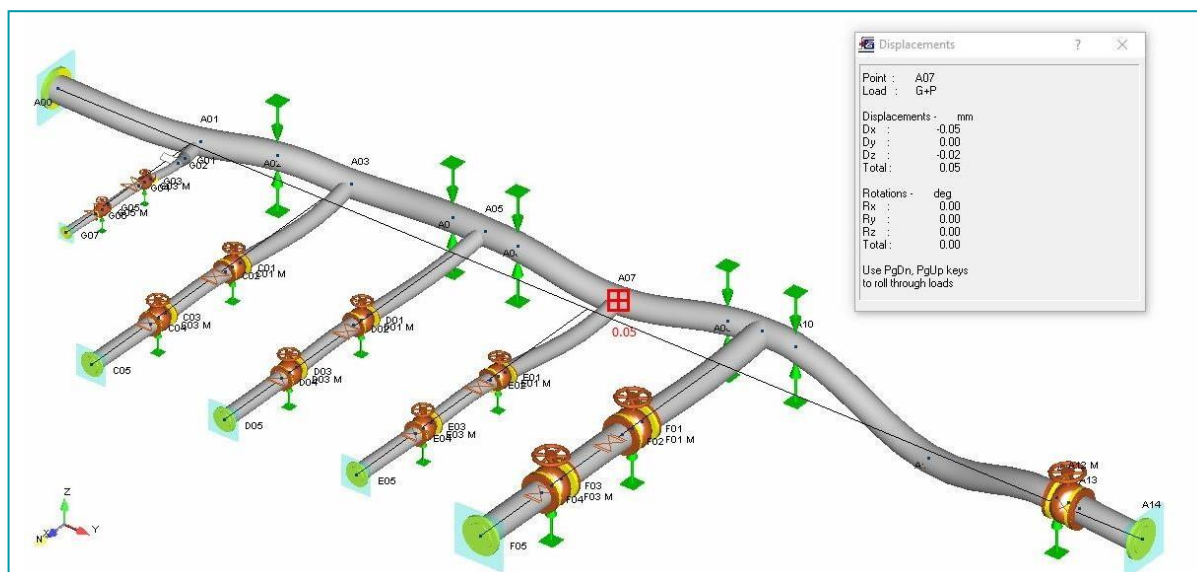


Fig.XII.9 : Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne d'aspiration

4.3.3 Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne d'aspiration :

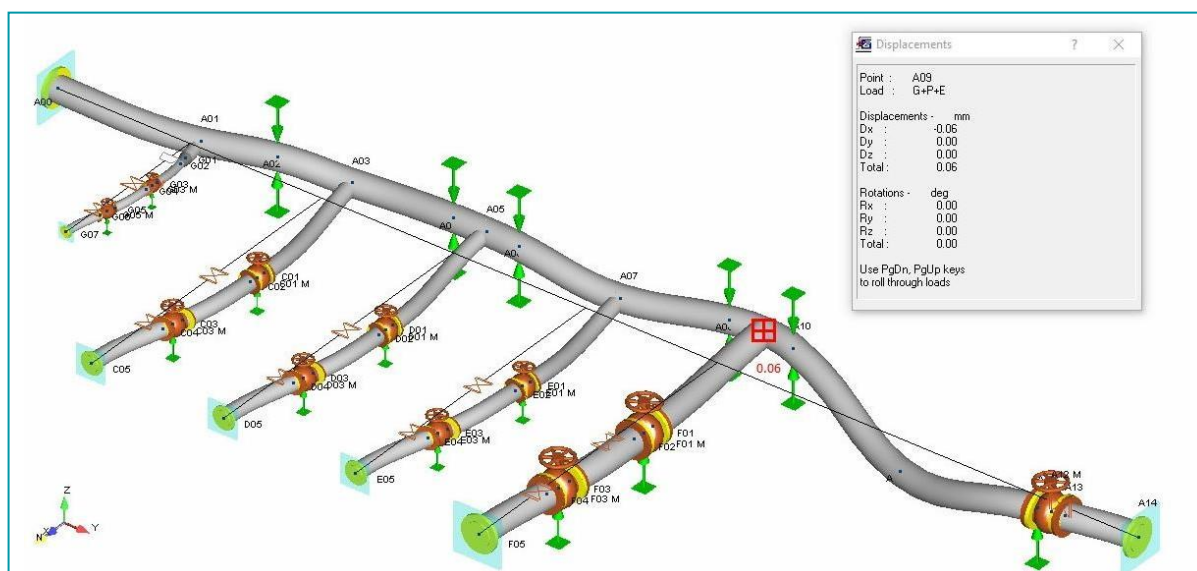


Fig.XII.10 : Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne d'aspiration

4.3.4 Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent) de la ligne d'aspiration :

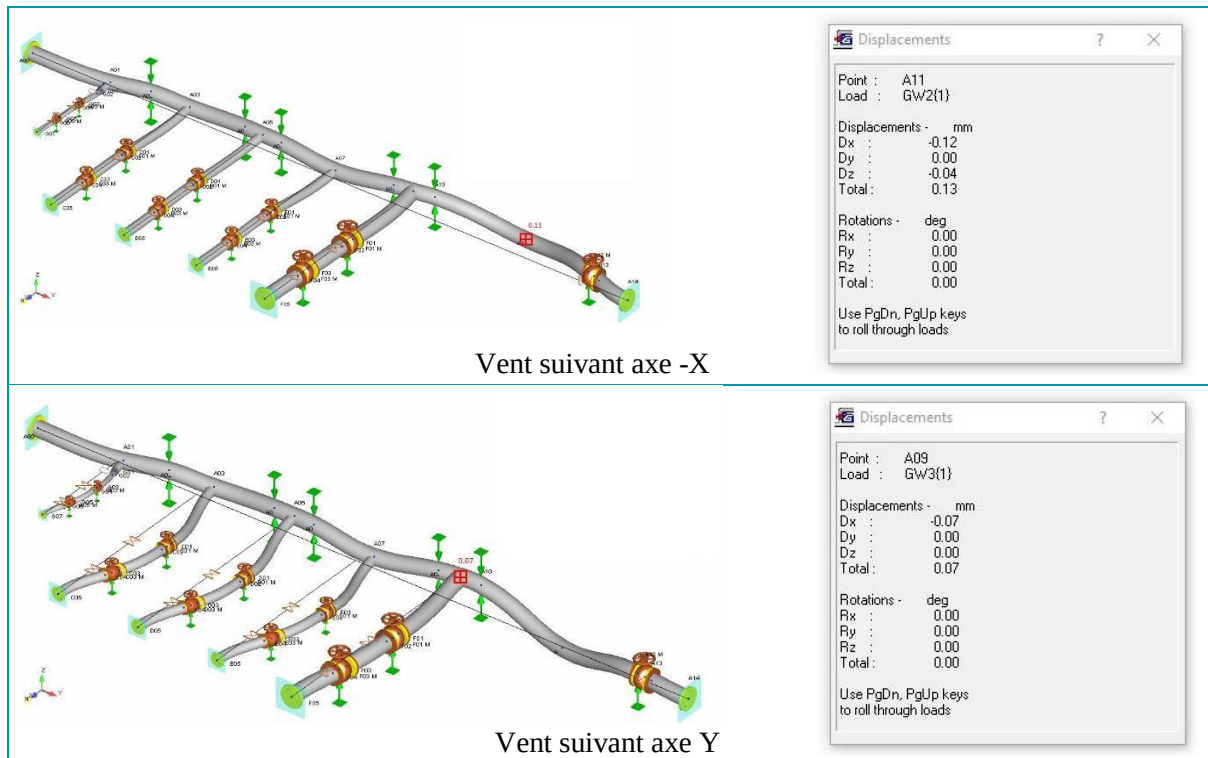


Fig.XII.11 : Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent)de la ligne d'aspiration

4.3.5 Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)] de la ligne d'aspiration :

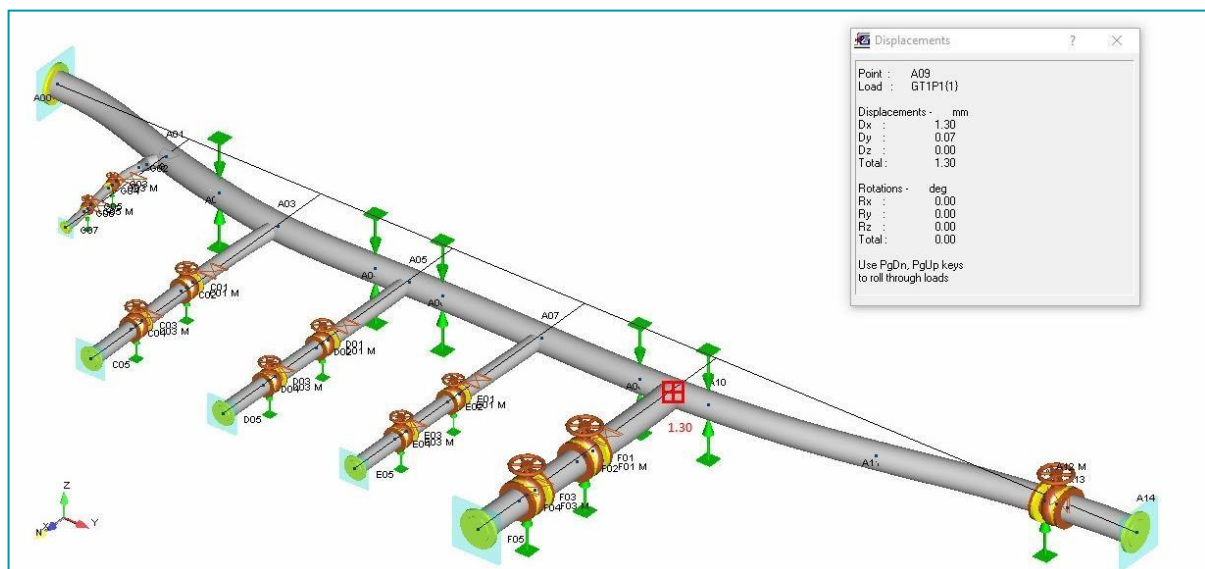


Fig.XII.12 : Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)]de la ligne d'aspiration

4.3.6 Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] + leséisme + le vent (suivant axe -X)] de la ligne d'aspiration :

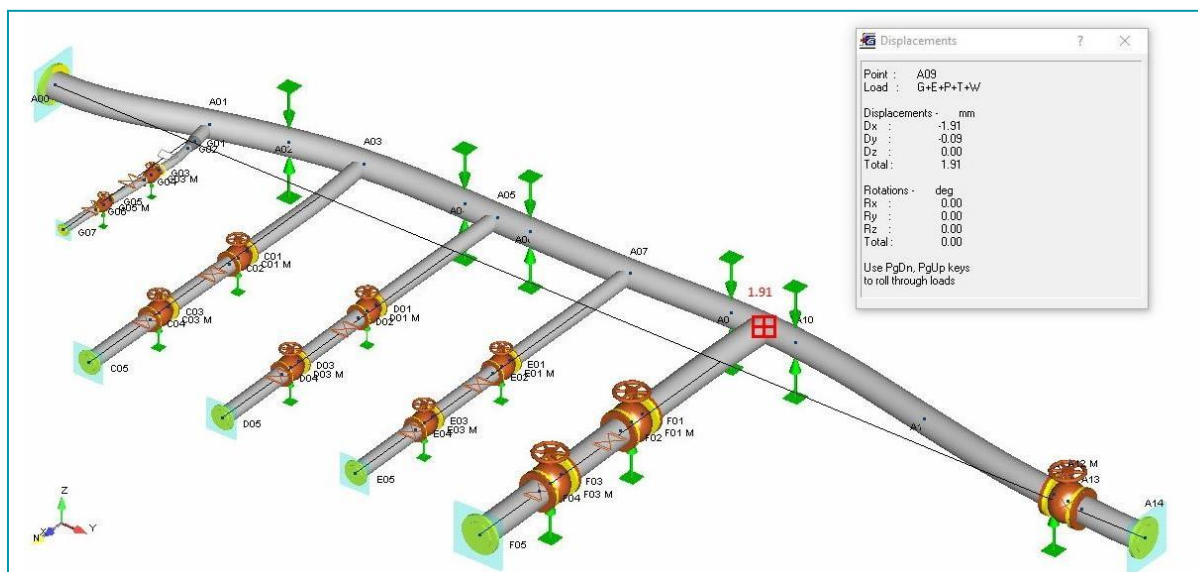


Fig.XII.13 : Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] + le séisme + le vent (suivant axe -X)] de la ligne d'aspiration

4.3.7 Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne d'aspiration :

- C'est le cas le plus défavorable qu'on va analyser en détail.

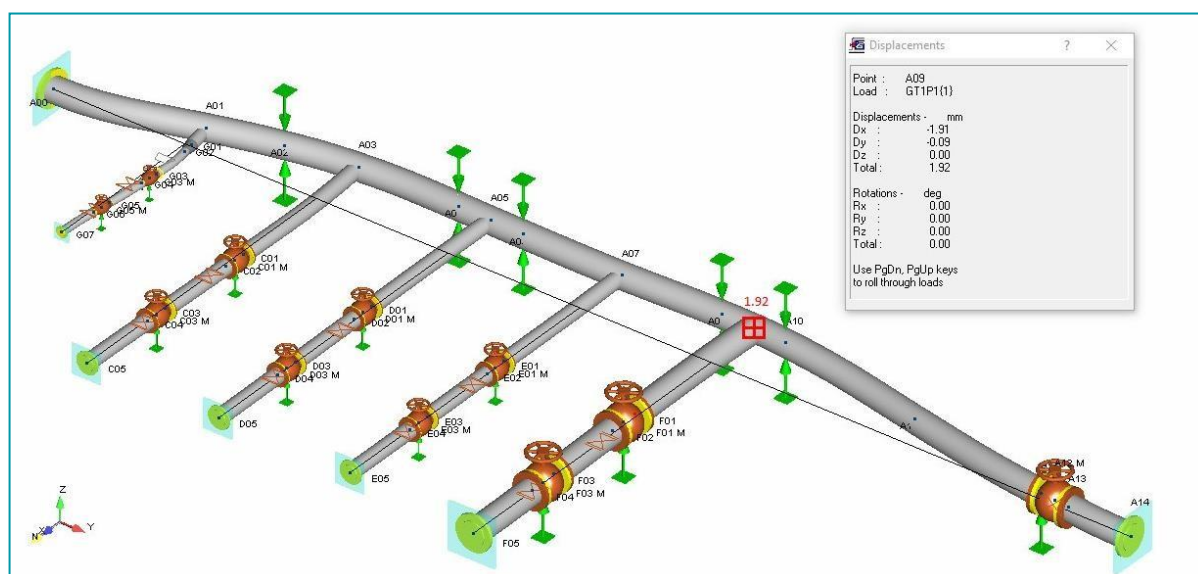


Fig.XII.14 : Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne d'aspiration

Tab.XII.1 : Tableau récapitulatif des ratios stress et des déplacements pour le cas le plus défavorable [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne d'aspiration

Point	Ratio stress	Déplacement Résultant (mm)	Point	Ratio stress	Déplacement Résultant (mm)
A00	0,60	0,00	D02	0,01	0,93
A01	0,86	0,93	D03	0,01	0,52
A02	0,50	1,47	D04	0,01	0,41
A03	0,91	1,81	D05	0,01	0,00
A04	0,47	1,87	E01	0,00	1,04
A05	0,83	1,85	E02	0,00	0,92
A06	0,46	1,84	E03	0,00	0,52
A07	0,84	1,85	E04	0,00	0,41
A08	0,48	1,91	E05	0,00	0,00
A09	0,90	1,92	F01	0,01	1,11
A10	0,50	1,85	F02	0,01	0,96
A11	0,46	1,08	F03	0,01	0,55
A12	0,49	1,27	F04	0,01	0,40
A13	0,50	1,14	F05	0,01	0,00
A14	0,52	0,00	G01	0,05	0,81
C01	0,02	1,02	G02	0,11	0,77
C02	0,01	0,91	G03	0,07	0,61
C03	0,01	0,51	G04	0,06	0,52
C04	0,01	0,40	G05	0,03	0,31
C05	0,02	0,00	G06	0,04	0,20
D01	0,01	1,04	G07	0,07	0,00

4.4 Interprétation des résultats de la ligne d'aspiration :

D'après l'analyse des résultats du cas le plus défavorable **[la gravité + la pression + la température (+55°C)]**, on peut conclure que le ratio maximal de stress est égal à $0,90 < 1$, et la valeur de déplacement maximale est égale à 1,92 mm dans un tube de 16 m de longueur.

Ces résultats sont très acceptables, et alors la ligne d'aspiration résiste aux différentes combinaisons de charges.

5 Analyse de la ligne de refoulement :

5.1 Modélisation de la ligne de refoulement :

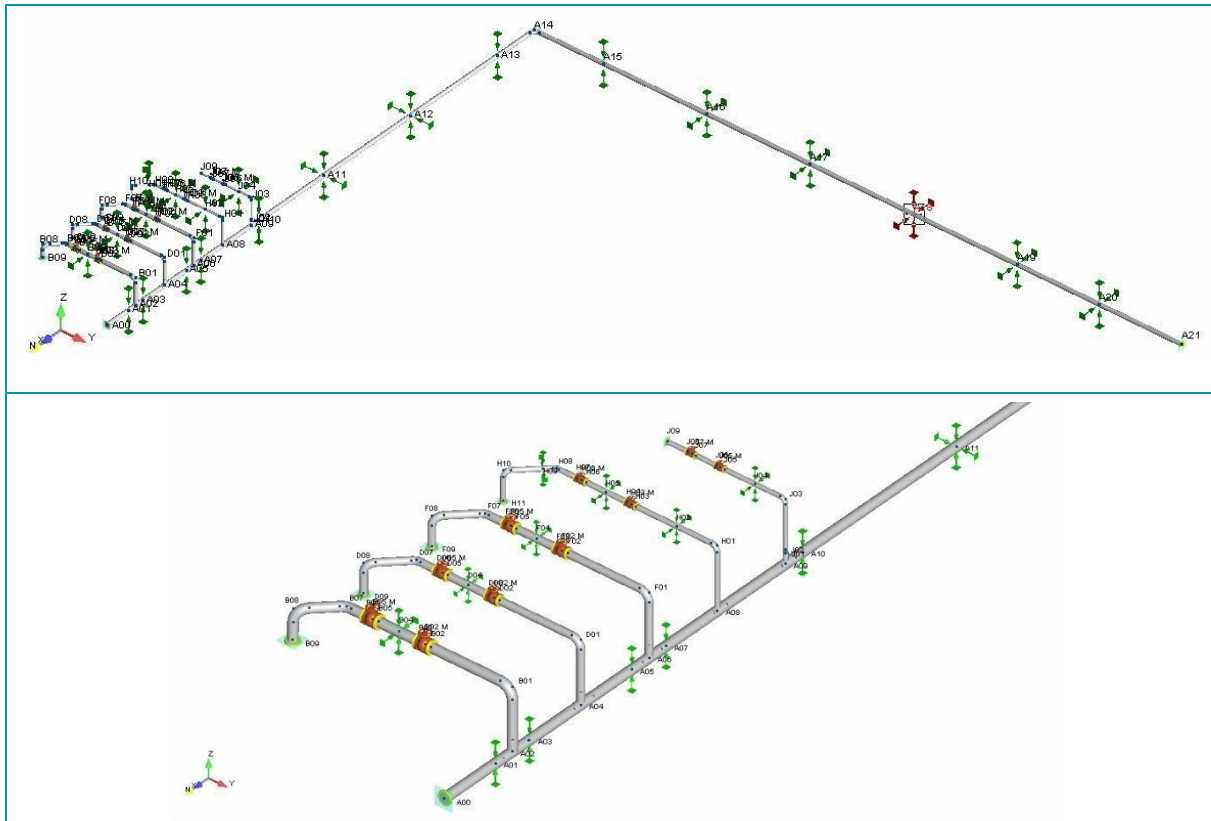


Fig.XII.15 : Modélisation de la ligne de refoulement

5.2 Analyse des ratios stress de la ligne de refoulement :

5.2.1 Ratio de la gravité + la pression de la ligne de refoulement :

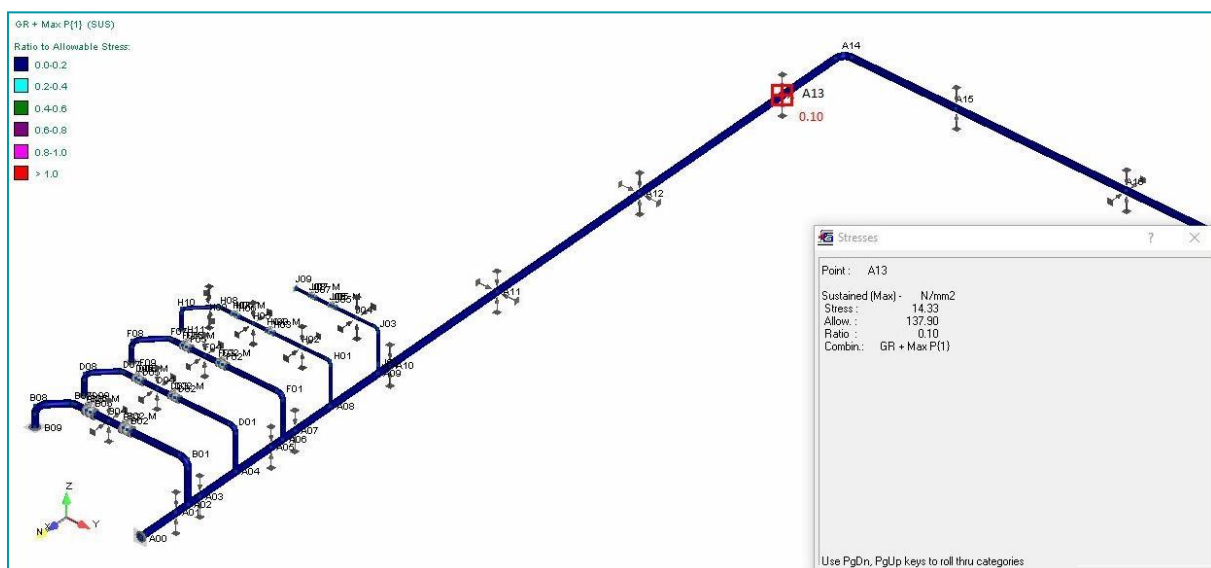


Fig.XII.16 : Ratio de la gravité + la pression de la ligne de refoulement

5.2.2 Ratio maximal du vent de la ligne de refoulement :

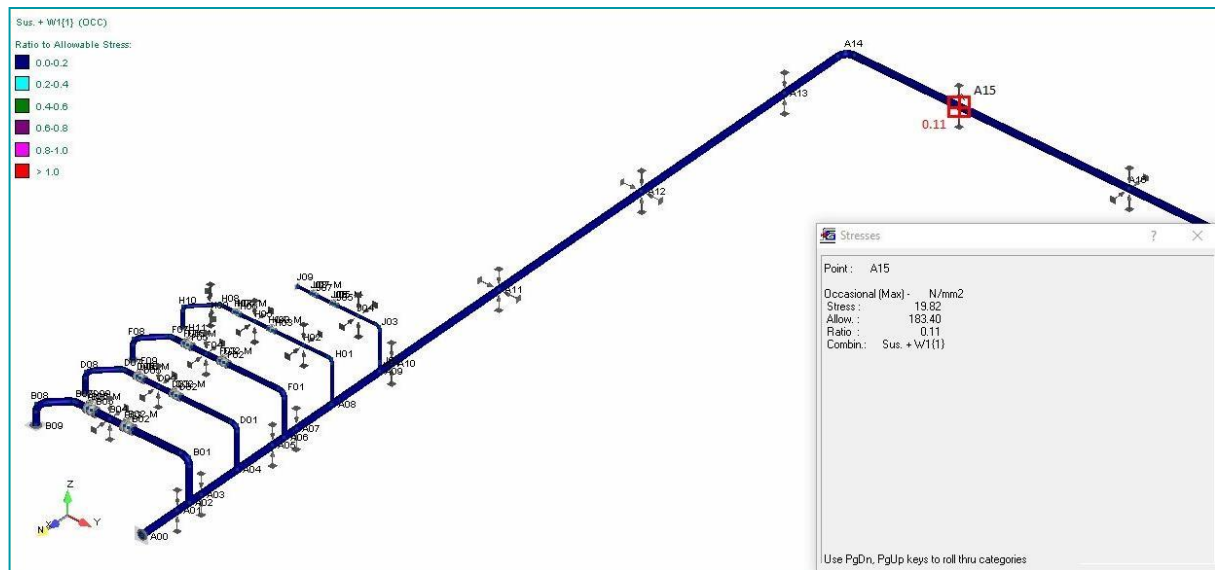


Fig.XII.17 : Ratio maximal du vent de la ligne de refoulement

5.2.3 Ratio du séisme de la ligne de refoulement :

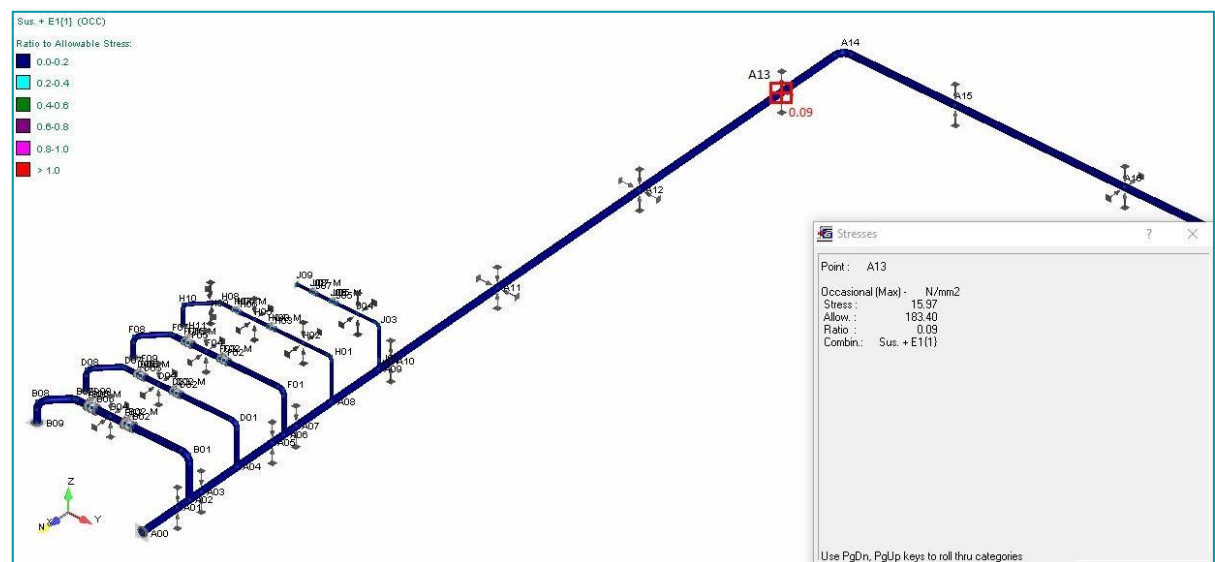


Fig.XII.18 : Ratio du séisme de la ligne de refoulement

5.2.4 Ratio de la température (+55°C) de la ligne de refoulement :

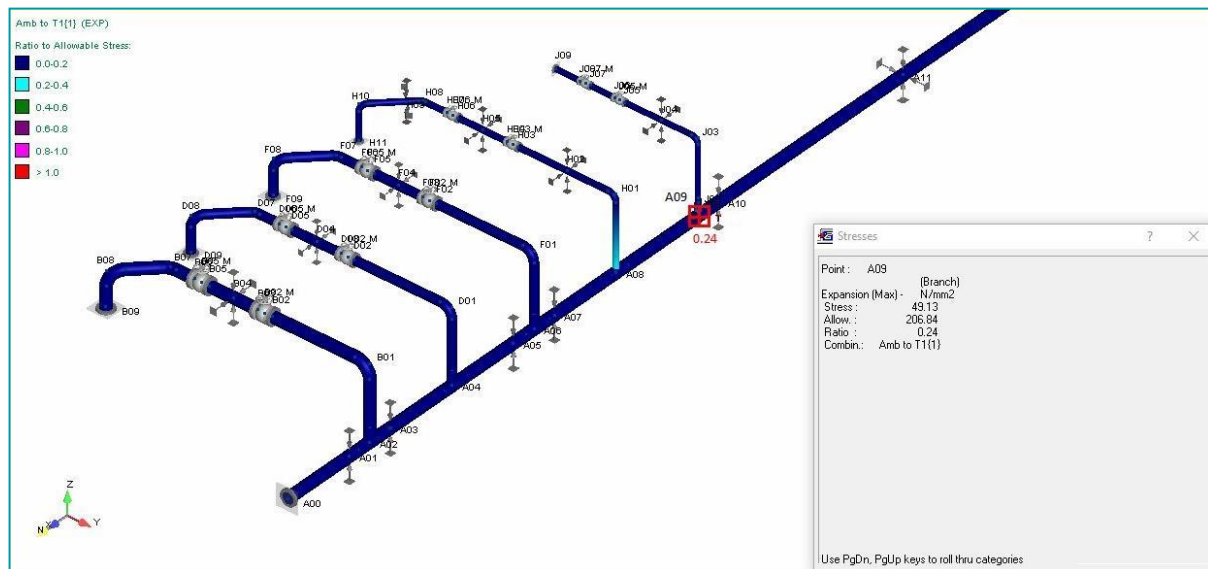


Fig.XII.19 : Ratio de la température (+55°C) de la ligne de refoulement

5.2.5 Ratio de la température (-5°C) de la ligne de refoulement :

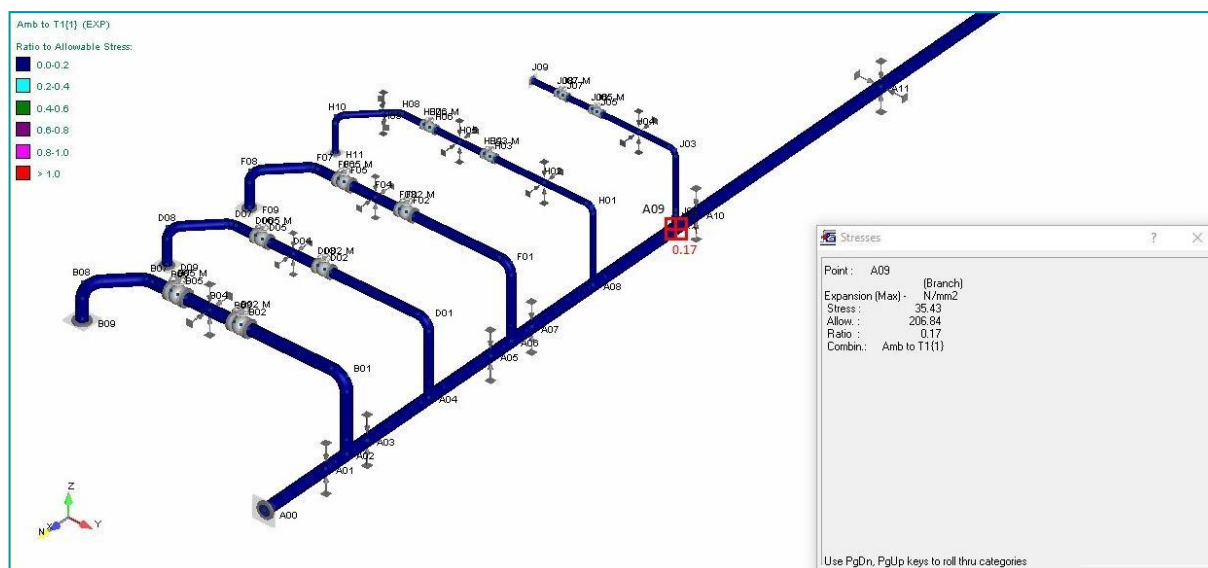


Fig.XII.20 : Ratio de la température (-5°C) de la ligne de refoulement

5.2.6 Ratio maximal de la ligne de refoulement :

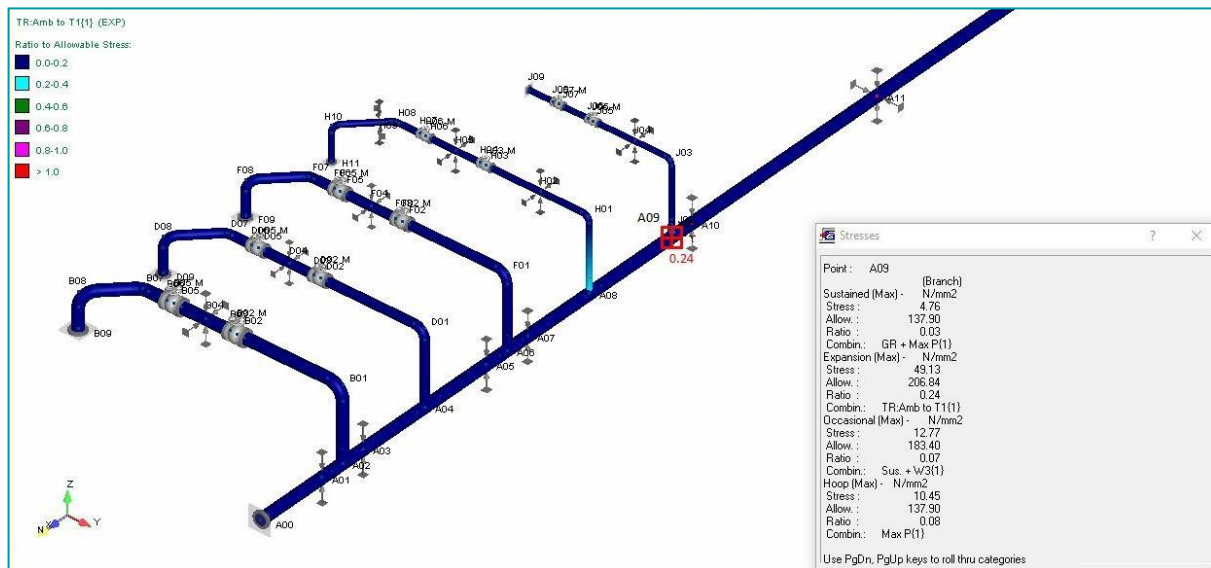


Fig.XII.21 : Ratio maximal de la ligne de refoulement

Remarque 2 :

On observe que le ratio maximal de stress de la ligne de refoulement est dû à l'effet de la température (+55°C).

5.3 Analyse des déplacements de la ligne de refoulement :

5.3.1 Déplacement dû à la gravité de la ligne de refoulement :

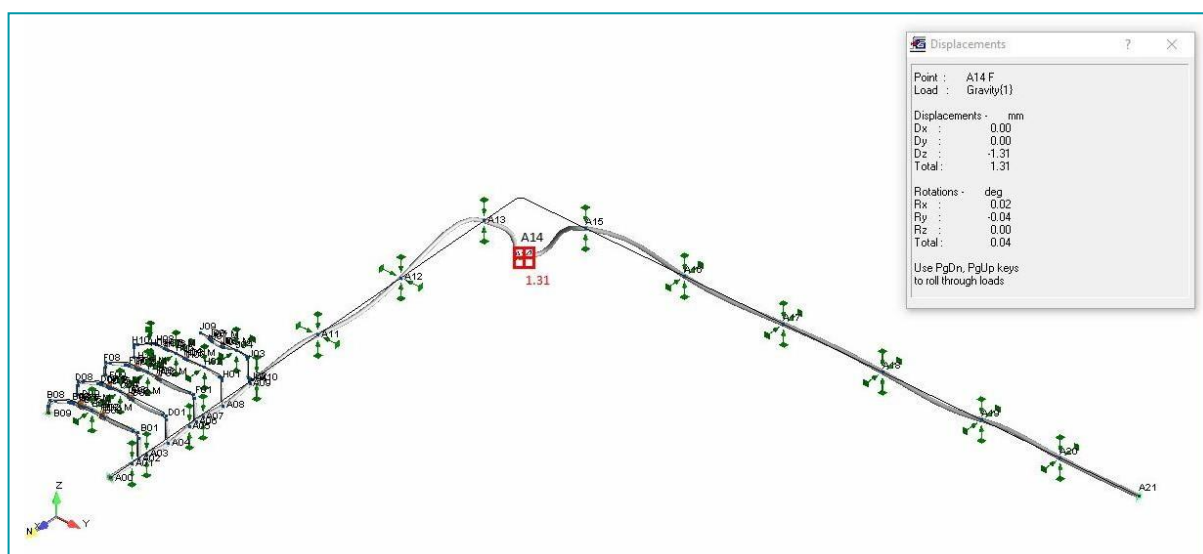


Fig.XII.22 : Déplacement dû à la gravité de la ligne de refoulement

5.3.2 Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne de refoulement :

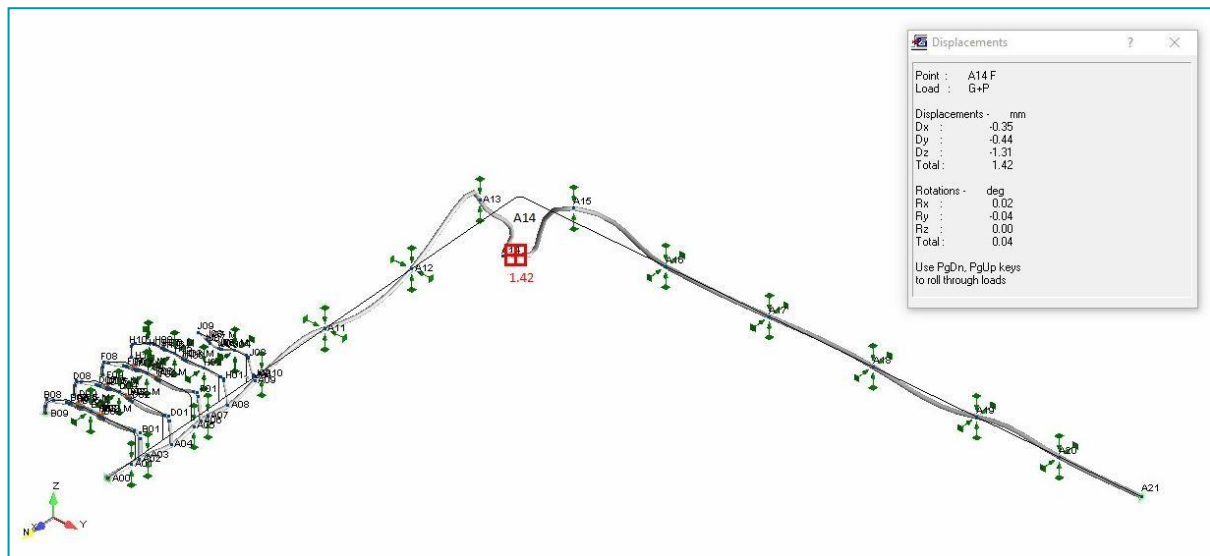


Fig.XII.23 : Déplacement dû au (la gravité + la pression) de la ligne de refoulement

5.3.3 Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne de refoulement :

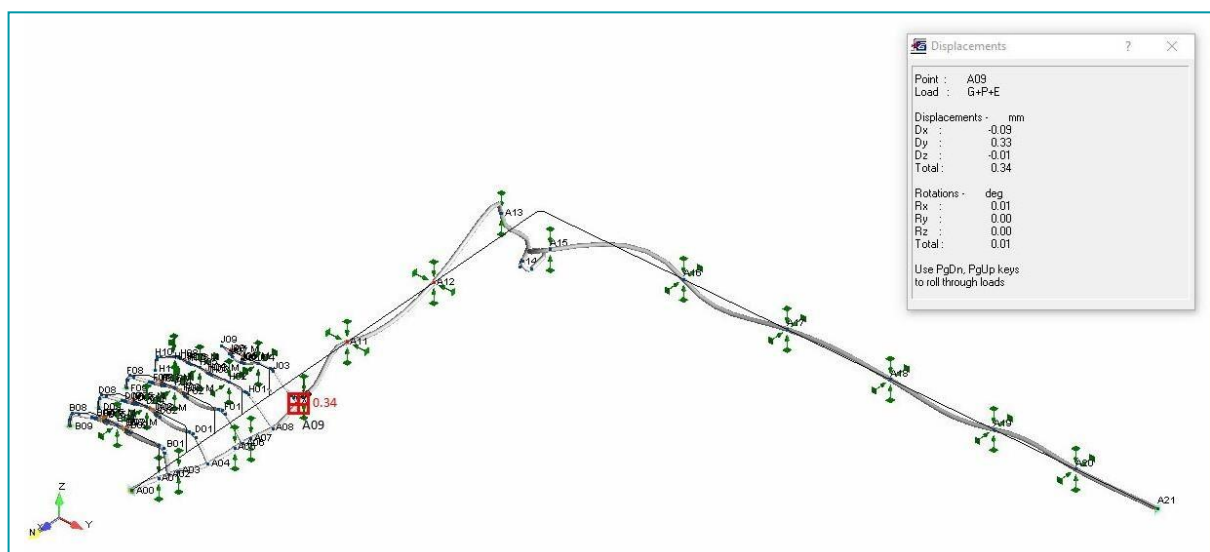


Fig.XII.24 : Déplacement dû au (la gravité + la pression + le séisme) de la ligne de refoulement

5.3.4 Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent) de la ligne de refoulement :

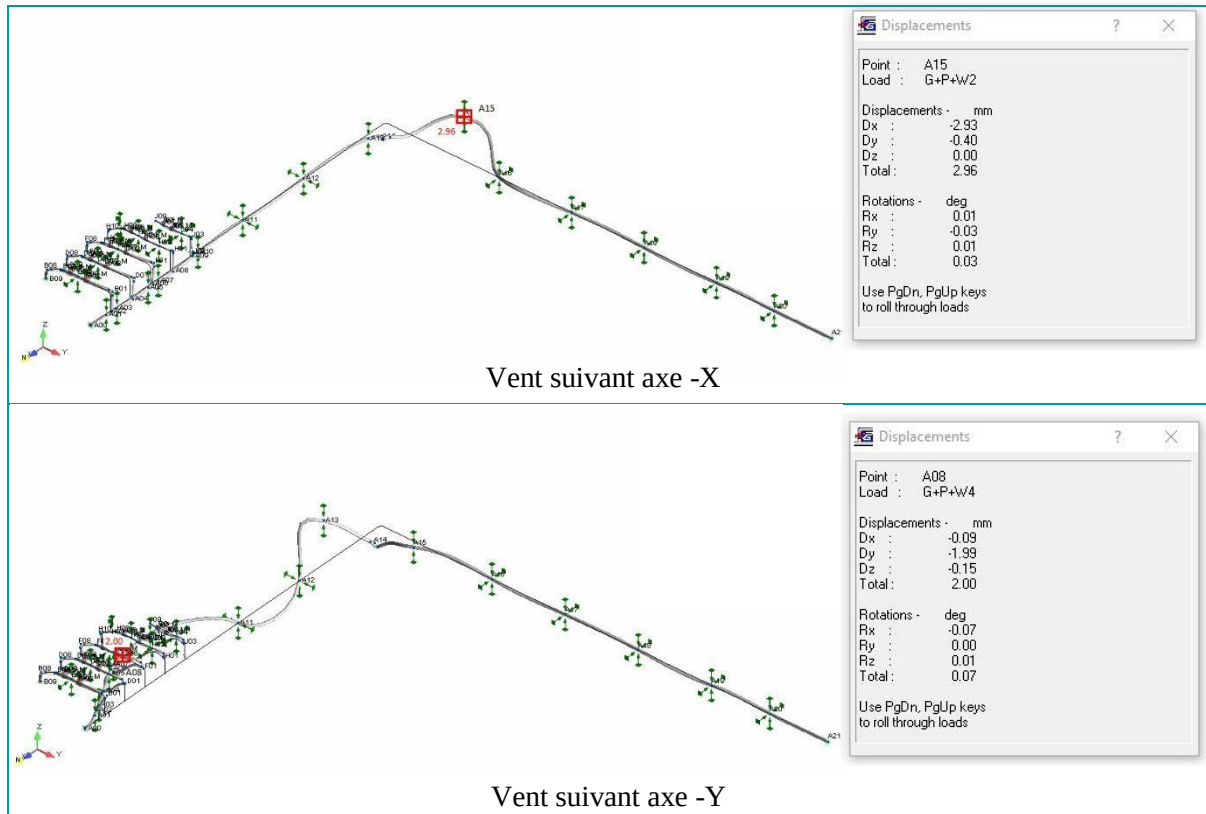


Fig.XII.25 : Déplacement dû au (la gravité + la pression + le vent)de la ligne de refoulement

5.3.5 Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)] de la ligne de refoulement :

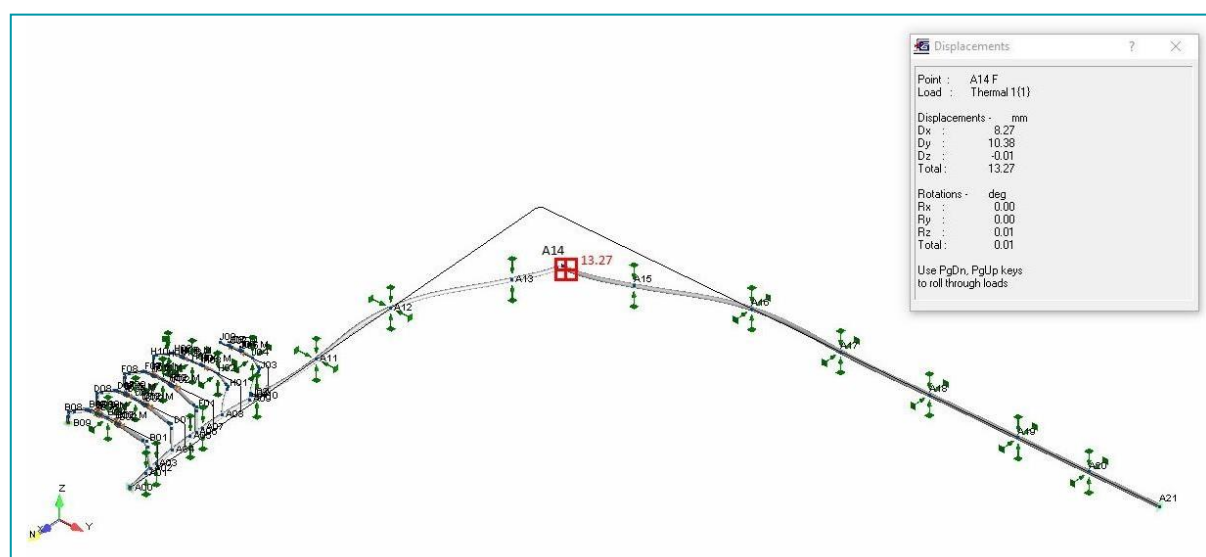


Fig.XII.26 : Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (-5°C)]de la ligne de refoulement

5.3.6 Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne de refoulement :

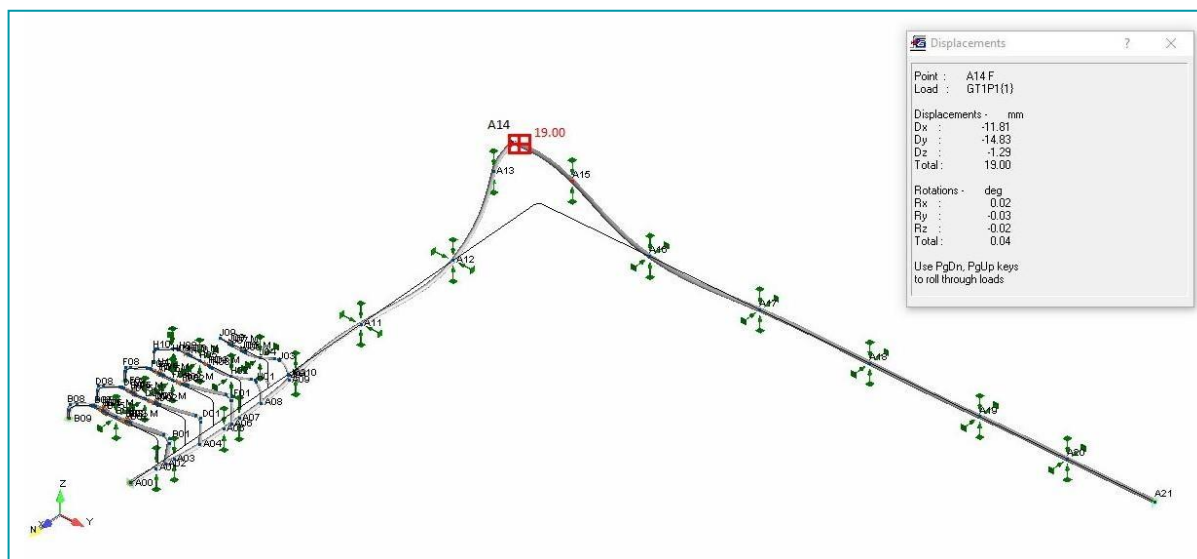


Fig.XII.27 : Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C)] de la ligne de refoulement

5.3.7 Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent (suivant axe -X)] de la ligne de refoulement :

- C'est le cas le plus défavorable qu'on va analyser en détail.

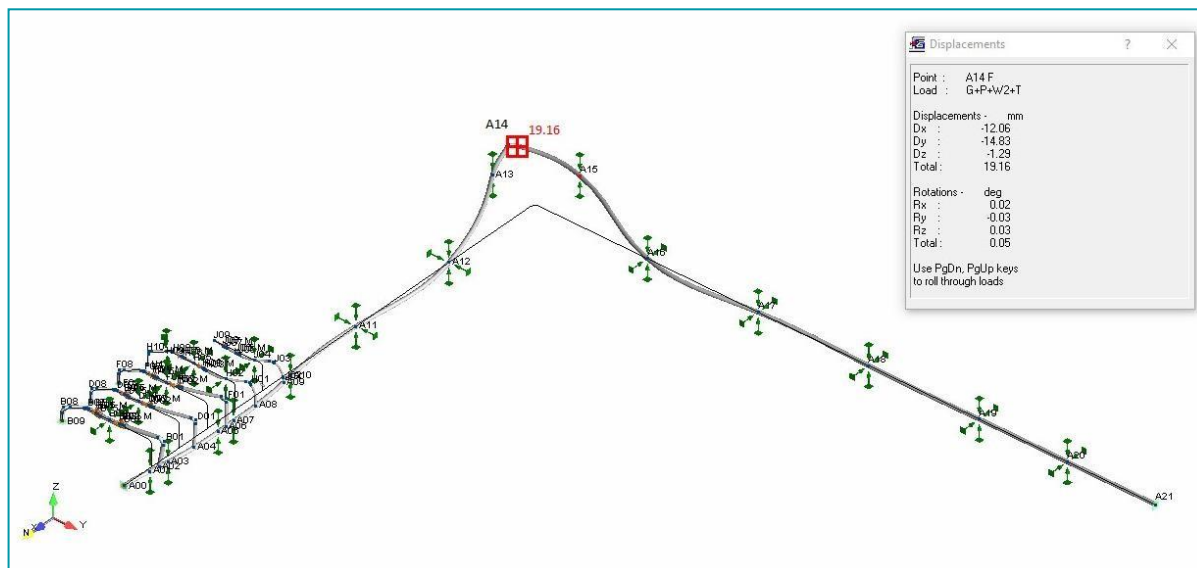


Fig.XII.28 : Déplacement dû au [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent (suivant axe -X)] de la ligne de refoulement

Tab.XII.2 : Tableau récapitulatif des ratios stress et des déplacements pour le cas le plus défavorable [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent suivant axe -X)]de la ligne de refoulement

Point	Ratio stress	Déplacement Résultant (mm)	Point	Ratio stress	Déplacement Résultant (mm)
A00	0,09	0,00	D05	0,04	0,86
A01	0,03	0,86	D06	0,03	0,69
A02	0,10	1,20	D07	0,03	0,54
A03	0,02	1,51	D08	0,02	0,27
A04	0,06	2,32	D09	0,02	0,00
A05	0,02	2,91	F01	0,07	1,33
A06	0,05	3,06	F02	0,04	1,41
A07	0,02	3,20	F03	0,05	1,27
A06	0,06	3,59	F04	0,07	1,04
A09	0,05	4,11	F05	0,05	0,84
A10	0,01	4,26	F06	0,03	0,74
A11	0,02	5,97	F07	0,04	0,58
A12	0,06	8,36	F08	0,02	0,28
A13	0,02	14,91	F09	0,03	0,00
A14	0,12	19,16	H01	0,21	3,59
A15	0,01	17,16	H02	0,10	1,51
A16	0,04	10,97	H03	0,04	1,14
A17	0,01	8,58	H04	0,03	1,04
A18	0,00	6,20	H05	0,03	0,83
A19	0,00	3,81	H06	0,02	0,65
A20	0,00	1,90	H07	0,02	0,59
A21	0,00	0,00	H08	0,05	0,49
B01	0,11	2,03	H09	0,03	0,38
B02	0,03	1,17	H10	0,03	0,28
B03	0,04	1,04	H11	0,01	0,00
B04	0,06	0,84	J01	0,24	4,11
B05	0,04	0,65	J02	0,17	3,90
B06	0,03	0,54	J03	0,05	1,95
B07	0,02	0,43	J04	0,12	0,83
B08	0,03	0,35	J05	0,07	0,66
B09	0,03	0,00	J06	0,06	0,58
D01	0,06	2,60	J07	0,04	0,34
D02	0,03	1,33	J08	0,04	0,23
D03	0,04	1,21	J09	0,06	0,00
D04	0,05	1,00			

5.4 Interprétation des résultats de la ligne de refoulement :

D'après l'analyse des résultats du cas le plus défavorable [la gravité + la pression + la température (+55°C) + le vent (suivant axe -X)], on peut conclure que le ratio maximal de stress est égal à $0,24 < 1$, et la valeur de déplacement maximale est égale à 19,16 mm dans un tube de 65 m de longueur. Ces résultats sont acceptables, et alors la ligne de refoulement résiste aux différentes combinaisons de charges.

6 Ligne de refoulement avec lyres :

Après l'analyse des résultats des différentes simulations, nous avons remarqué que la température a plus d'influence que les autres paramètres. Dans cette partie on va proposer un modèle de la ligne de refoulement avec **deux lyres**, et analyser son affection sur les déplacements pour la température maximale et la température minimale.

6.1 C'est quoi la lyre de dilatation :

Quand le tube est rectiligne sur une trop grande distance, la solution la plus simple est la **lyre de dilatation**. Il s'agit de réaliser un « U » dans la tuyauterie, en utilisant des coudes à 90°. Cette configuration prend beaucoup de place, mais elle est simple à réaliser, car elle ne se compose que d'éléments classiques (tubes et coudes). En outre, **elle ne nécessite pas d'entretien**.

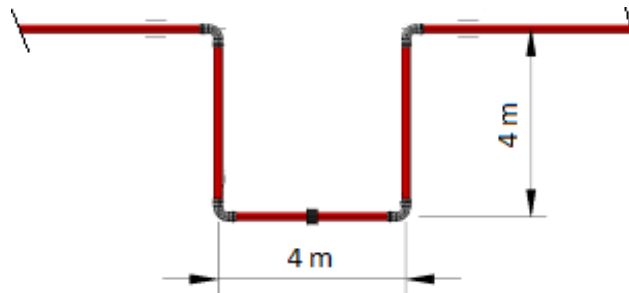


Fig.XII.29 : Dimensions de la lyre utilisée

6.2 Modélisation de la ligne de refoulement avec deux lyres :

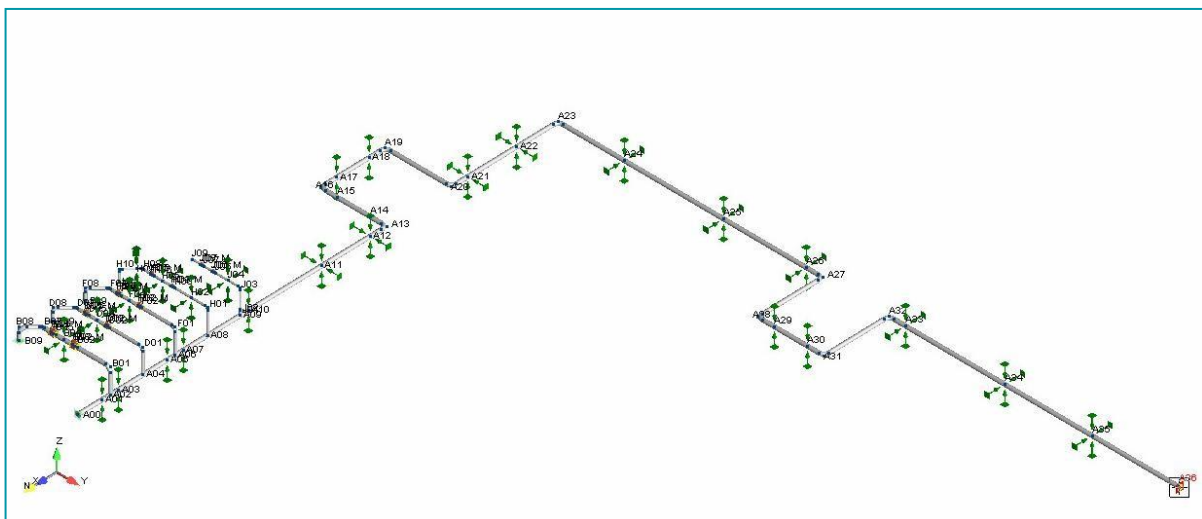


Fig.XII.30 : Modélisation de la ligne de refoulement avec deux lyres

6.3 Dilatation thermique à la température (+55°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres :

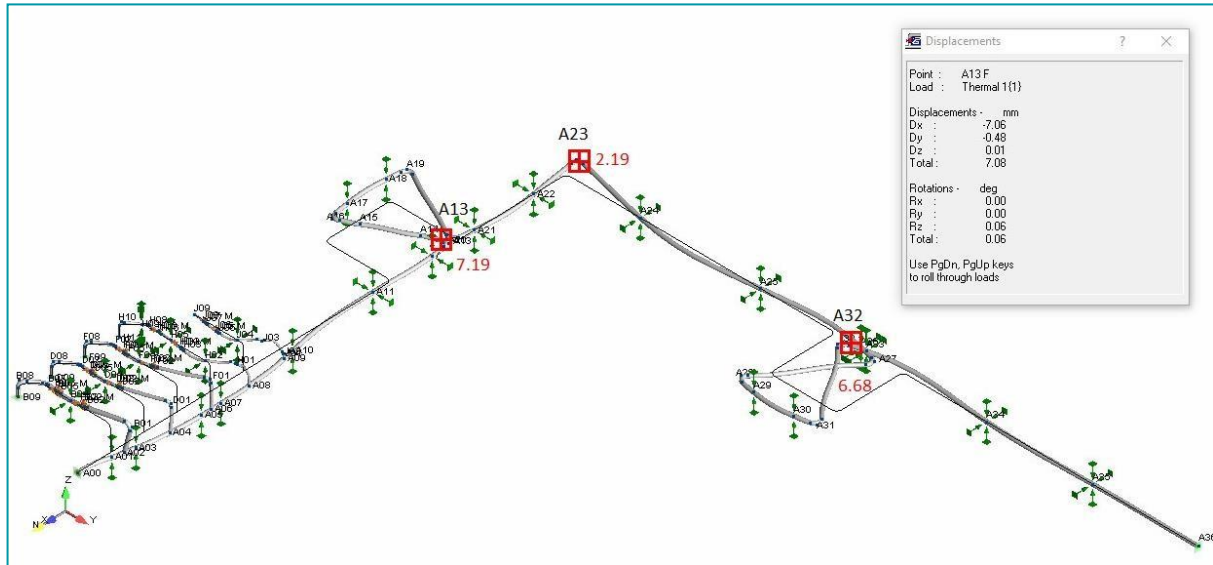


Fig.XII.31 : Dilatation thermique à la température (+55°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres

6.4 Contraction thermique à la température (-5°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres :

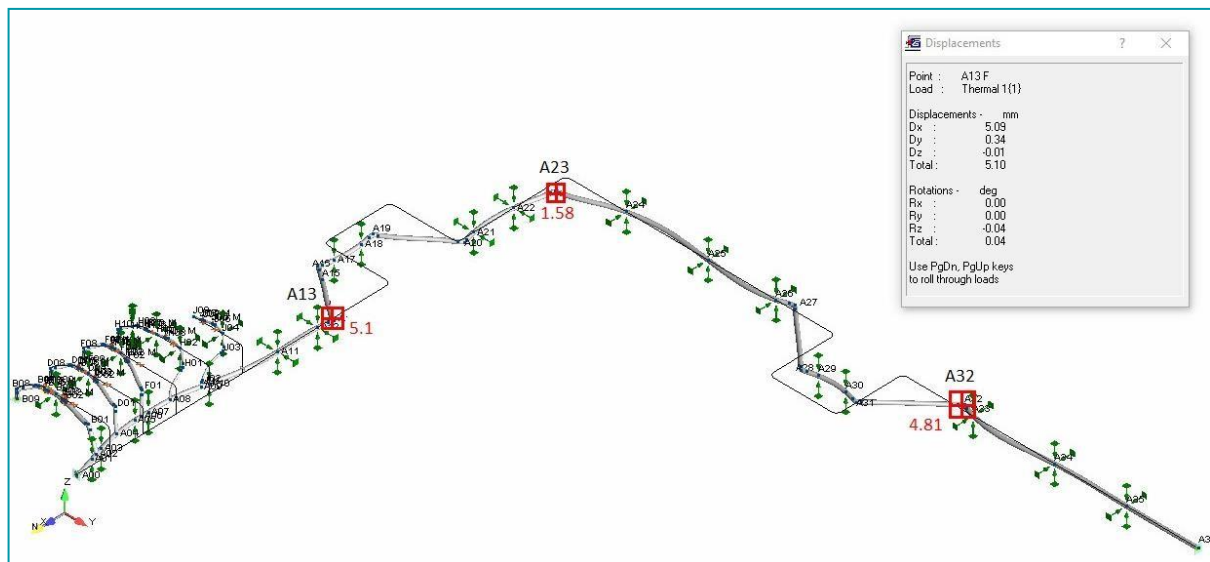


Fig.XII.32 : Contraction thermique à la température (-5°C) de la ligne de refoulement avec deux lyres

Tab.XII.3 : Tableau comparatif des déplacements maximaux dû à la température maximale et minimale des deux lignes de refoulement sans lyres et avec lyres

	Sans lyres	Avec lyres
Points	A14	A13
Dilatation maximale (T : +55°C)	18,40 mm	7,19 mm
Contraction maximale (T : -5°C)	13,27 mm	5,1 mm

7 Conclusion :

Les deux lyres qu'on a ajoutées minimisent les déplacements dus à la température avec deux tiers, mais il n'est pas nécessaire de les utiliser car le déplacement maximal de la canalisation est de **19,16 mm** ce qui n'est pas une grande valeur par rapport à un tube de longueur **65 m**.

CHAPITRE XIII

SOUUDAGE
DE
LA TYAUTERIE
PLUS
CND

CHAPITRE XIII: SOUDAGE DE LA TUYAUTERIE PLUS CND

1 Introduction :

Ce chapitre est la suite du chapitre IX (spécification du procédé de soudage) de la partie A.

B. Soudage de la tuyauterie :

2 Préparation de pipe avant le soudage :

➤ Vérification des tubes :

Chaque tube sera vérifié avant le soudage, tout tube présentant des défauts tel que notamment flexion permanente, déformation d'extrémité, entaille rainure dédoublement des tôles, corrosion...etc., sera mis à part pour être soumis à un examen qui ordonnera s'il y a lieu, le rebut, la réparation à la coupe pour éliminer le défaut.

➤ Nettoyage des tubes :

Le nettoyage effectuée avec une brousse métallique d'une façon très soignée surtout au niveau des chanfreins pour avoir une bonne qualité de soudage. L'extrémité devra être nettoyée jusqu'à une longueur de 10 cm. Les surfaces de chanfrein doivent être parfaitement propres et sèches.

➤ Vérification des chanfreins :

D'après les exigences de soudage, les tubes à assembler doivent avoir les extrémités parfaitement rondes, planes et très régulières. En général, on fait la vérification visuellement. Les petites déformations au niveau des chanfreins peuvent être corrigées à l'aide d'une meule. En revanche, les déformations importantes peuvent être corrigées par coups de marteau (dans certains cas nécessaires de réchauffage au chalumeau). Dans le cas où le défaut est irréparable, il y a lieu de réaliser un nouveau chanfrein.

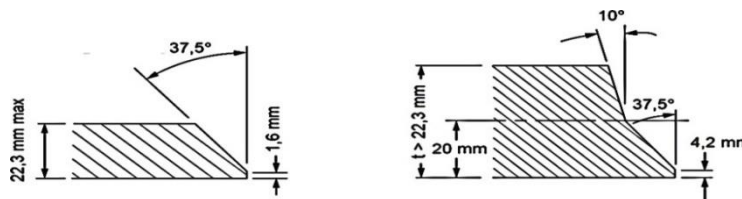


Fig.XIII.1 : Chanfreinage de la tuyauterie

3 Assemblage des tubes :

Maintenant que les contrôles sont effectués, on procède au positionnement des tubes tout en rapprochant le plus possible les défauts d'ovalisation.

3.1 Clamage :

Cette opération doit être exécutée juste avant la soudure, elle consiste à assurer le bout à bout des tubes, ou ces derniers devront avoir le même axe, il existe deux types de clamps :

- Clamps extérieurs et clamps intérieurs.

3.2 Préchauffage :

On peut dire que c'est un nettoyage thermique, il est effectué dans le but d'augmenter la durée de refroidissement afin d'obtenir une bonne structure métallique.

3.2.1 Température de préchauffage selon la méthode de SEFERIAN :

➤ Carbone équivalent (C_{Es}) :

$$C_{Es} = \%C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}$$

Tab.XIII.1 : Composition chimique du matériau de la tuyauterie

Matériau utilisé	C	Mn	S	P	Cr	Cu	Mo	Ni	V
Acier A53 Gr B	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08

Donc :

$$C_{Es} = \%C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90} = 0,3 + \frac{1,2 + 0,4}{9} + \frac{0,4}{18} + \frac{7 \cdot 0,15}{90} = \mathbf{0,48}$$

➤ Carbone équivalent compensé ($C_{Es} \cdot C$) :

$$C_{Es} \cdot C = \%C_{Es} \cdot (1 + 0,005 \cdot e) = 0,48 \cdot (1 + 0,005 \cdot 9,52) = \mathbf{0,503}$$

Avec :

- $e = 9,52$: Epaisseur moyenne des deux tubes à souder (mm).

➤ Température de préchauffage des pièces (TP) :

$$TP = 350 \cdot \sqrt{C_{Es} \cdot C - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,503 - 0,25} = \mathbf{176^{\circ}C}$$

Tab.XIII.2 : Préchauffage de la tuyauterie

Epaisseur moyenne des tubes à souder	Température de préchauffage (°C)
La plus grande épaisseur : 9,52 mm	176
La plus petite épaisseur : 3,68 mm	171

3.3 Détail de soudage des pipes :

3.4 Choix du métal d'apport :

Pour le soudage manuel à l'arc, il faut choisir des électrodes du type de la qualité **E7018** et **E6010**, les caractéristiques chimiques et mécaniques sont sur le tableau suivant :

Tab.XIII.3 : Caractéristiques chimiques et mécaniques du métal d'apport de la tuyauterie

Désignation	C%	Mn%	Si%	P%	S%	σ_e (Mpa)	σ_r (Mpa)
E 7018	0,10	1,10	0,40	0,025	0,025	420	550
E 6010	0,08	0,50	0,20	0,013	0,012	415	470

3.5 Position de soudage :

Selon l'épaisseur de tube et la nature d'enrobage de la baguette, on distingue :

- **Soudage en descendant** : Cette technique est la plus rapide, l'exécution de la première passe surtout est employée pour le soudage en ligne.
- **Soudage en montant** : Moins rapide mais plus sûr, employé pour le soudage de tuyauterie à haute pression de service et de fortes épaisseurs.
- **Soudage mixte** : Cela veut dire l'exécution de la première passe en montant et les autres en descendant, il est employé pour les raccords, les réparations et les traverses des points spéciaux.

3.6 Les passes de soudage :

Le nombre de passes dépend de l'épaisseur du tube, si l'épaisseur est ($\geq 4\text{mm}$), on doit faire au moins trois passes, chaque passe doit être complètement terminée avant de commencer la suivante. Le tableau suivant résume les passes de soudage :

Tab.XIII.4 : Caractéristiques des passes de soudage

Métal de base	Passe	Première passe	2 ^{eme} passe	Remplissage	Finition
ASTM A53 gr B	Procédé de soudage	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
	Métal d'apport	E6010	E7018	E7018	E7018
Polarisation		(-)	(+)	(+)	(+)

4 Contrôle de la soudure :

4.1 Défauts de soudure recherchés :

Les défauts dans les assemblages soudés sont multiples et de plusieurs formes, on doit d'abord déterminer les sources de ces défauts :

- **Phase préparatoire (avant soudage) :**
 - Mauvaise qualité du métal de base ou du métal d'apport ;
 - Mauvaise qualification de l'opérateur ;
 - Équipement défectueux ou mal réglé.
- **Phase de pré-assemblage :**
 - Mauvais alignement des bords ;
 - Mauvais nettoyage ;
 - Mauvais préchauffage
- **Phase de soudage :**
 - Mauvaise protection ;
 - Variation du courant de soudage, vitesse de soudure, etc...

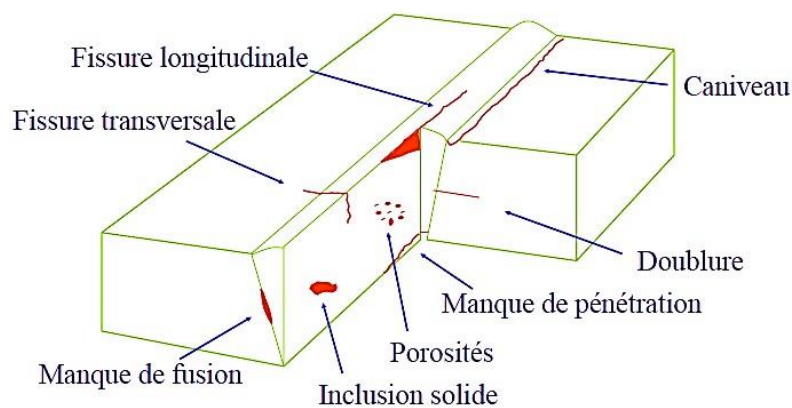
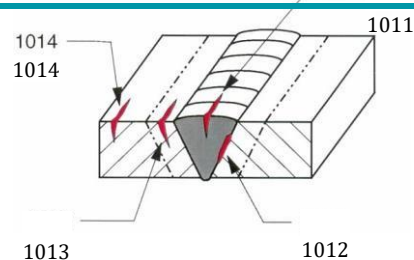
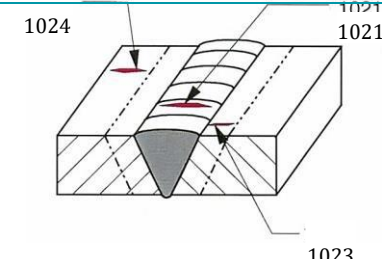
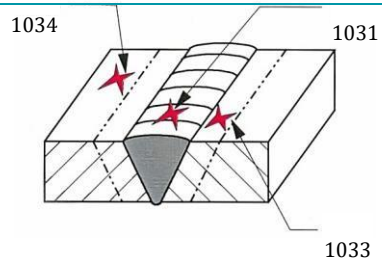
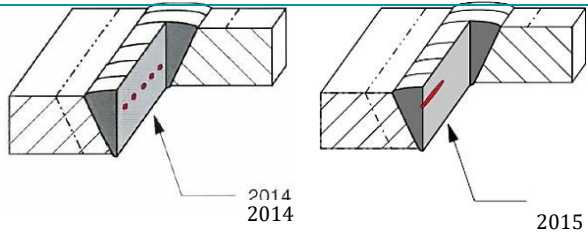
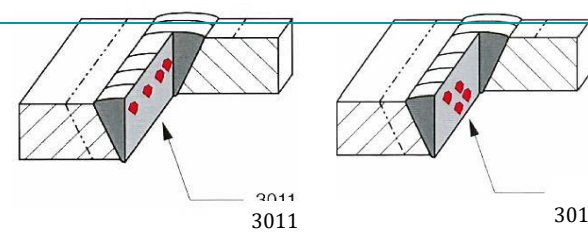
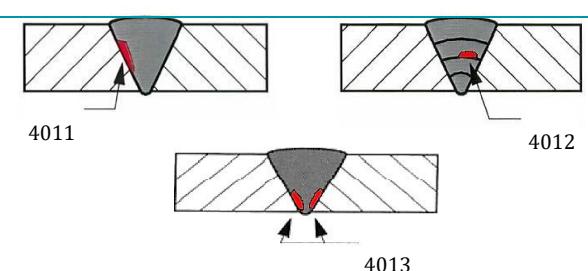


Fig. XIII.2 : Types des défauts de soudure

Tab.XIII.5 : Tableaux récapitulatifs des défauts de soudures fameuses

Type de défaut	Détail de défaut	Schéma de défaut
Fissure longitudinale	1011 - Le métal fondu ; 1012 - La zone de liaison ; 1013 - La zone thermiquement affectée ; 1014 - Le métal de base.	
Fissure transversale	1021 - Le métal fondu ; 1023 - La zone thermiquement affectée ; 1024 - Le métal de base.	
Fissures rayonnantes (fissures en étoile)	1031 - Le métal fondu ; 1033 - La zone thermiquement affectée ; 1034 - Le métal de base.	
Soufflures	2014 - Alignée ; 2015 - Allongé.	
Inclusions des solides	3011 - Laitier ; 3014 - Métallique.	
Manque de fusion et de pénétration	4011 - De bords ; 4012 - Entre passes ; 4013 - La racine.	

4.2 Contrôle non destructif de soudage (CND) :

4.2.1 Définition de CND :

Le contrôle non destructif est un outil indispensable en contrôle de la qualité des produits. Ces techniques permettent de détecter les hétérogénéités et anomalies d'une pièce, sans altérer leur utilisation future. Regroupé sous deux appellations principales : **Contrôles Non Destructifs (CND)** ou encore **Essais Non Destructifs (END)**. A l'international, l'appellation anglophone **Non Destructive Testing (NDT)** est la plus courante.

4.2.2 Principe de CND :

Quelle que soit la méthode adoptée, on peut représenter la mise en œuvre d'un système CND suivant le synoptique suivant :

La cible se caractérise par un ensemble de paramètres que l'on va chercher à estimer afin de former un diagnostic d'intégrité. La mise en œuvre d'un système CND adéquat va permettre de produire un certain nombre de signaux qui sont fonction des paramètres recherchés. Une étape « d'inversion », plus ou moins compliquée, est bien souvent nécessaire afin de retrouver les paramètres initiaux de la pièce.



Fig. XIII.3 : Principe de CND

4.2.3 Les types du CND :

a- Méthodes de surface :

- Contrôle visuelle ;
- Contrôle par ressuage ;
- Thermographique infrarouge ;
- Contrôle par magnétoscopie.

b- Méthodes de volume :

- Contrôle par radiographie ;
- Ultrasons.

c- Méthodes de volume :

- Émission acoustique ;
- Ondes guidées.

4.2.4 Contrôle visuel (VT) :

Le contrôle visuel est une technique essentielle lors du contrôle non destructif. L'état extérieur d'une pièce peut donner des informations essentielles sur l'état de celle-ci : des défauts évidents (comme des pliures, des cassures, de l'usure, de la corrosion ou fissures ouvertes). Un examen visuel doit être effectué dans de bonnes conditions assurant avant tout un éclairage suffisant. Le niveau d'éclairage minimum requis est de l'ordre de 300 Lux. L'accessibilité de la partie à examiner doit permettre d'approcher l'œil à au moins 60 cm, sous une incidence de 30°.

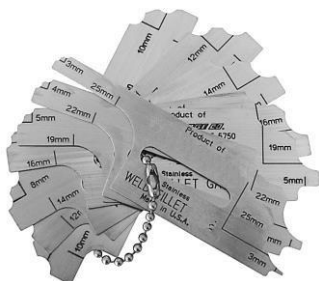


Fig.VIII.4 : Calibre de mesure du cordon de soudure

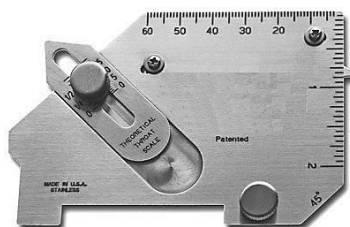


Fig.VIII.5 : Jauge de mesure du cordon de soudure



Fig.VIII.6 : Caméra endoscopique

4.2.5 Contrôle par ressuage (PT) :

- Le ressuage comporte quatre phases dont la première consiste à bien nettoyer la pièce à contrôler.
- La deuxième phase consiste à appliquer sur la surface à contrôler le "pénétrant", ce liquide coloré et/ou fluorescent entre par capillarité à l'intérieur des discontinuités (fissures, piqûres, porosités, retassures, etc.).
- Après une durée d'imprégnation, une nouvelle phase débute : c'est l'élimination de l'excès de pénétrant (lavage suivi d'un séchage).
- La surface est ensuite recouverte d'une couche mince de "révélateur" qui adsorbe le pénétrant contenu dans les discontinuités, à la suite de quoi les indications de discontinuités apparaissent sous forme de taches colorées en surface.

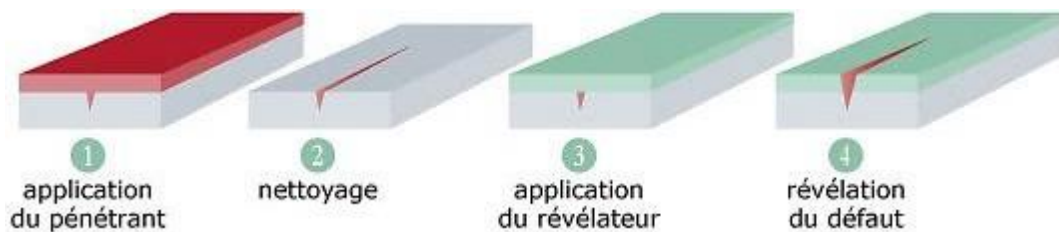


Fig. XIII.7 : Etapes de contrôle par ressuage

4.2.6 Contrôle par radiographie (RT) :

Le travail aux rayons ressemble à la prise de photos. D'un côté de la pièce, on fixe un film et, de l'autre côté, on place une source radioactive ou un tube à rayons X. Le rayonnement passe à travers la pièce et arrive sur le film. Plus la pièce est fine, moins le rayon est retenu. Le film est donc exposé au mieux. Un défaut ou une irrégularité dans la pièce va plus ou moins retenir le rayonnement que ses environs et se dégager. Le rayonnement gamma a un plus grand pouvoir de pénétration que les rayons La source de rayonnement utilisée, l'épaisseur de la pièce et le temps d'exposition doivent correspondre.

Le contrôle radiographique des soudures horizontales et verticales de la robe se fera conformément au code API650. 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 » précédant 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 (pénétrömètre).

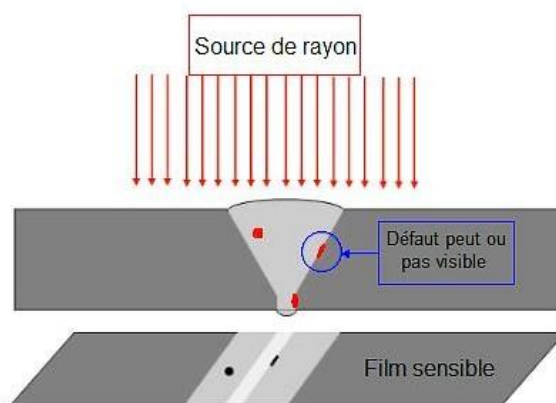


Fig.XIII.8 : Principe de contrôle radiographique

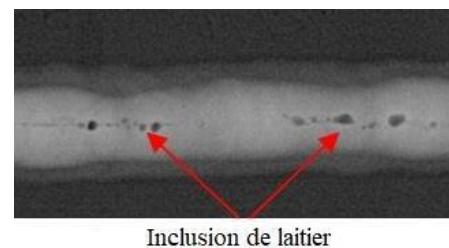


Fig.XIII.9 : Défaut apparaisse dans un film radiographique

4.2.7 Contrôle par ultrason (UT) :

Les ultrasons sont des vibrations élastiques d'origine mécanique qui se propagent dans les milieux matériels solides ou liquides, jamais dans les gaz ni dans le vide. Les ultrasons sont de même nature que les sons mais de fréquence plus élevée.

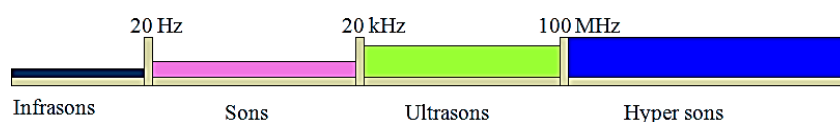


Fig.XIII.10 : Fréquence des ultrasons

En C.N.D. (contrôle non destructif) on utilise la bande de 0,5 à 25 MHz.

➤ **Principe de contrôle par UT :**

Une onde ultrasons est émise par un palpeur placé sur la surface du matériau à contrôler et se propage dans le matériau. Il existe des méthodes par contact (le palpeur est en contact avec la pièce) ou par immersion (la pièce et le palpeur sont immergés dans l'eau). Dans le cas de la méthode par contact, il est nécessaire d'ajouter un couplant (eau ou gel) entre le palpeur et la pièce pour assurer la transmission des ondes. Lorsque ces ultrasons rencontrent une interface délimitant deux milieux ayant des impédances acoustiques différentes, il y a réflexion. Les ultrasons réfléchis sont captés par un palpeur (qui peut être le même que l'émetteur). Il y a création d'un « écho ». Dans le cas d'une pièce comportant deux surfaces, la détection de défaut se fait en comparant le temps mis pour faire un aller-retour dans l'épaisseur de la pièce et le temps mis pour la réflexion sur un défaut. D'un point de vue pratique, on utilise un écran d'oscilloscope. Les échos sont représentés par des pics sur l'écran. Lorsque ces ultrasons rencontrent une interface délimitant deux milieux ayant des *impédances acoustiques* différentes, il y a réflexion. Les ultrasons réfléchis sont captés par un palpeur. Il y a création d'un « écho », la figure suivante montre l'écho de fond dans une pièce sans défaut et l'écho de défaut dans une pièce avec défaut. Les ultrasons sont entièrement réfléchis par l'acier dans le cas d'absence du défaut (écho de fond), et dans le cas contraire on obtient un écho de défaut.

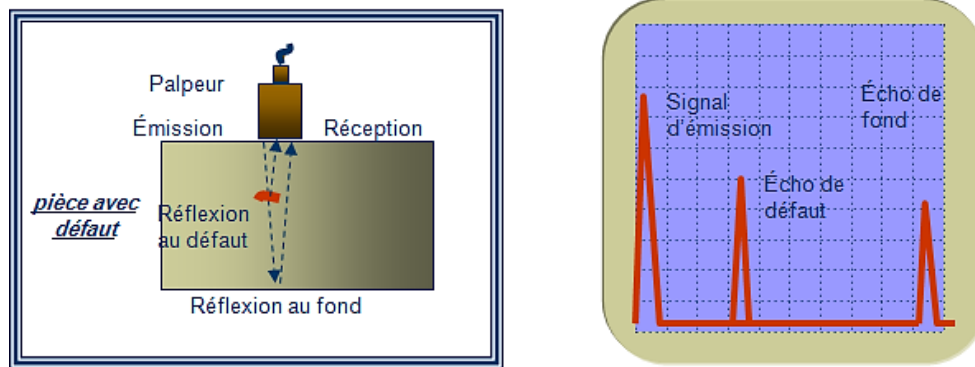


Fig.XIII.11 : Principe de contrôle par ultrasons

4.2.8 Contrôle par magnétoscopie (MT) :

Dans le cas d'une entaille dans un barreau aimanté, le phénomène est relativement semblable. On observe l'apparition de lignes de force qui traversent l'air à partir d'un côté de l'entaille vers l'autre. Cette perturbation magnétique est appelée « champ de fuite ».

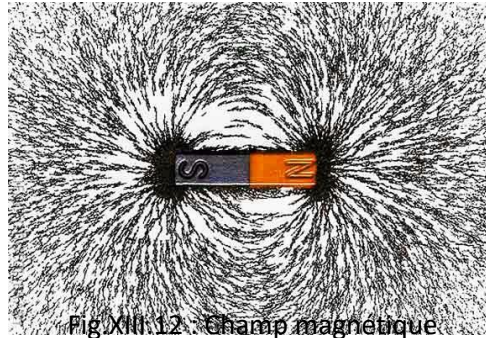


Fig.XIII.12 : Champ magnétique

Ce sont ces phénomènes de champs de fuite qui sont exploités lors du contrôle. En effet, les discontinuités de surface, telles que des fissures, sont assimilables à l'entaille dans un aimant. Il suffit alors de détecter ces champs magnétiques spécifiques à la surface de la pièce lorsque celle-ci a été aimantée. Pour ce faire, il suffit, par exemple, de saupoudrer la pièce d'une poudre de fer lors de son aimantation. Celle-ci va s'accumuler au niveau des zones de fuite du champ magnétique et nous indiquer la présence d'une discontinuité. L'utilisation d'un système complexe de mesure doit tout de même être utilisé afin de s'assurer de la bonne tenue du contrôle et de l'adéquation des paramètres utilisés. Si l'on casse un aimant, les deux morceaux conservent chacun un pôle nord et un pôle sud. Entre ces deux pôles, le champ magnétique se propage suivant des lignes appelées lignes de forces à l'intérieur et à l'extérieur de l'objet.

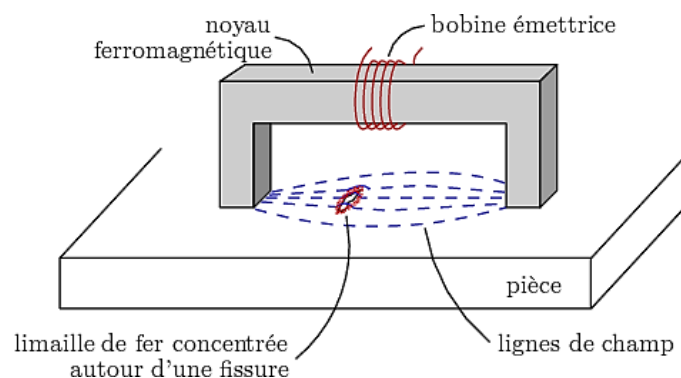


Fig.XIII.13 : Principe de contrôle par magnétoscopie

Tab.XIII.6 : Tableau comparatif des méthodes de CND

Méthode contrôle	Principe	Défauts détectés	Domaine d'application	Avantage de la méthode	Limites de la méthode
Visuel	. Approcher l'œil à au moins 60 cm, sous une incidence de 30°.avec un faisceau lumineux De 300 Lux.	. Pliures ; . Cassures ; . Usure ; . Corrosion ; . Débouchant en surface.	. Tous types de soudures ; . Tous types de métaux.	. Simple ; . Rapide ; . Pas cher.	. Défaut interne ; . Défaut de faible dimension.
Ressuage	. Utilisant un liquide (pénétrant coloré), nettoyer l'excès et le révélateur montre nous les défauts.	. Anomalies apparentes sur surface.	. Ouvrage métallique avant faire protection anticorrosion ou à condition d'enlever la protection.	. Rapidité de détection (en temps réel) ; . Equipage léger.	. Matériaux poreux ; . Détection aléatoire sur des défauts débouchant boucher.
Radiographie	. Exposer la pièce a un faisceau de rayon X ou γ, on obtient un film, les teintes sombres sont les défauts.	. Inclusion gazeuse ; . Fissure externe et interne ; . Manque de fusion et de pénétration.	. Contrôle tous les types de soudure ; . Mesure les épaisseurs des tôles.	. Visualisation des défauts ; . Bonne précision.	. Défauts perpendiculaires à la direction ; . Au-delà d'une épaisseur
Ultrasons	. Sont des ondes mécaniques qui propagent dans les milieux élastiques, la réflexion des ondes montrent nous les défauts.	. Soufflure ; . Manque de pénétration ; . Manque de fusion sur Chanfrein ; . Fissure dans le cordon et en ZAT.	. Tous matériaux métalliques à condition de connaître la vitesse des ultra-sons dans le matériau ou de pouvoir étalonner	. Détection immédiate ; . Peu transporté l'équipage au chantier.	. Epaisseur minimale est 0.5 mm ; . Epaisseur maximale est donné par la puissance de l'émetteur.
Magnétoscopie	. Avec un champ magnétique et des particules fines d'oxyde de fer qu'ils vont orienter suivant la direction de défaut.	. Défaut linéaire jusqu'à 4 mm de profondeur ; . Détection dans des pièces de très faible épaisseur.	. Matériaux ferromagnétiques ; . Applique normalement sur revêtement anticorrosion.	. Détection rapide ; . Détection possible des défauts sous-jacent.	. Défauts non linéaires ; . Matériaux non ferromagnétiques ; . Matériaux fortement alliés.

5 Conclusion :

Le contrôle non destructif (CND) apparaît comme un élément majeur du contrôle de la qualité de ces soudures. Pour choisir la procédure de contrôle utilisée il est nécessaire de prendre en considération le coût, la possibilité de mettre en œuvre et les caractéristiques techniques de la méthode en fonction des défauts recherchés.

- Pour les soudures des tôles du réservoir de la réserve d'eau (la plus grande épaisseur = **9mm**), donc on utilise :
 - Le contrôle visuel avec le contrôle par ressuage plus le contrôle par radiographie pour **25%** des joints de soudures.
- Pour le soudage de la tuyauterie du réseau anti-incendie (pression de service égale à **10 bars**), donc :
 - Le contrôle visuel avec le contrôle par ressuage est suffisant.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Afin d'affronter les risques d'incendie il est crucial d'avoir une bonne connaissance sur ce dernier, les zones de danger, l'importance du réseau anti-incendie dans les installations hydrocarbures, et l'efficacité du choix de dispositifs utilisés pour la protection contre l'incendie pour éliminer ou diminuer les effets de ce risque.

Ce projet traite des études de cas pour répondre au besoin d'eau et d'émulseur dans le cas le plus défavorable d'incendie. Ceci garantit la protection de la centrale de **Cap-Djinet** contre tout risque d'incendie secondaire. Nous avons abordé ce travail par fixer les dimensions des réservoirs de stockage d'hydrocarbures en respectant les conditions de sécurité citées dans **Les règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures**. Ensuite, nous avons déterminé la quantité de la réserve d'eau incendie afin de conclure la capacité du bac de stockage de ces eaux (**1300 m³**), sa réalisation étant selon la norme **API 650 STD**.

La deuxième partie de ce projet concerne l'étude de la tuyauterie du réseau anti-incendie avec tous ses accessoires (pompes, vannes, filtres, clapets anti retour, couronnes de refroidissement, hydrants, chambre à mousse et déversoirs à mousse), étudié selon la norme **NFPA 11** pour le calcul de la mousse d'incendie et le logiciel **AutoPIPE** pour la vérification de la résistance de la tuyauterie choisie.

Les résultats de l'étude nous ont permis de constater que des mesures et des moyens importants, conformément aux règles et normes, ont été le fruit de nombreuses recherches et essais, sur terrain, par des spécialistes dans le domaine.

Le stage pratique effectué à la centrale thermique de **Cap-Djinet**, nous a permis de compléter nos connaissances théoriques en cohésion, bien évidemment, avec la pratique professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

❖ Normes et règlements

- Les règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides de 1^{ère} et 2^{ème} classe ;
- API650 std, version 2013 (American Petroleum Institute) ;
- API 2350 (American Petroleum Institute) ;
- Règles de sécurité pour les canalisations de transport de Gaz Combustibles (Septembre 1991)
- ASTM (American Society for Testing and Materials) ;
- ASME section IX: American society of Mechanical Engineers ;
- Neige et vent 65 ;
- Règlement neige et vent RNV 99 ;
- RPA99 version 2003 ;
- Eurocode 3 ;
- Mémotech (Structure métallique) ;
- Technique de l'ingénieur ;
- NFPA 11, NFPA 15 (National Fire Protection Association).

❖ Livres et documents

- Documentation de l'entreprise ;
- Guide to Storage Tanks & Equipment (Bob Long, Bob Garner) ;
- DOSSIER Professeur Métallurgie du soudage 1^{ère} année BTS (Centre National de Ressources Structures Métalliques) ;
- Défauts de soudures et Interprétation des radiogrammes (Dr. DRAI Redouane) ;
- Calcul des structures métalliques selon l'Eurocode 3 (Jean Morel) ;
- Guide Dépôts de Liquides Inflammables Version - Octobre 2008;
- Formulaire de la construction métallique selon l'Eurocode 3 4^e édition par Pierre Maitre.

❖ Mémoires

- **Mémoire de fin d'étude de master (MOCP)** : Etude d'un réseau anti-incendie (réservoir + tuyauterie) du dépôt de stockage d'hydrocarbures d'une capacité totale de 37 000 m³ implanté à M'SILA.

Présenté par : - HADJAB Omar ;

- AMOURA Rafik.

Promotion : 2017/2018

- **Mémoire de fin d'étude de master (MOCP)** : Etude et conception du réseau anti-incendie du dépôt de stockage et distribution de carburant implanté à Naftal-Kharrouba-Alger.

Présenté par : - Mr DELALA Mohamed ;

- Mr. ZERNADJI Sid Ali.

Promotion : 2016/2017

- **Mémoire de fin d'étude de master (MOCP)** : Etude et conception d'un réseau anti-incendie et un bac d'eau à toit fixe de capacité 1000 m³

Présenté par : - Mr. KEZADRI Hamza;

- Mr. MAHOUNI Houssein Addine.

Promotion : 2016/2017

❖ Logiciels

- AUTOCAD 2013 ;
- Bentley Auto PIPE V8i ;
- Pipedata-Pro 12.1 ;
- SOLIDWORKS 2015 ;
- Prezi-Pro 6.16.2.0.

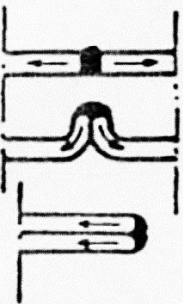
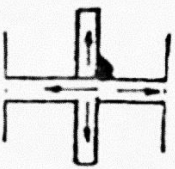
❖ Sites internet

- <https://fr.wikipedia.org>
- <http://www.reverso.net>
- <https://www.thermexcel.com>
- <https://www.google.com/maps>

ANNEXES

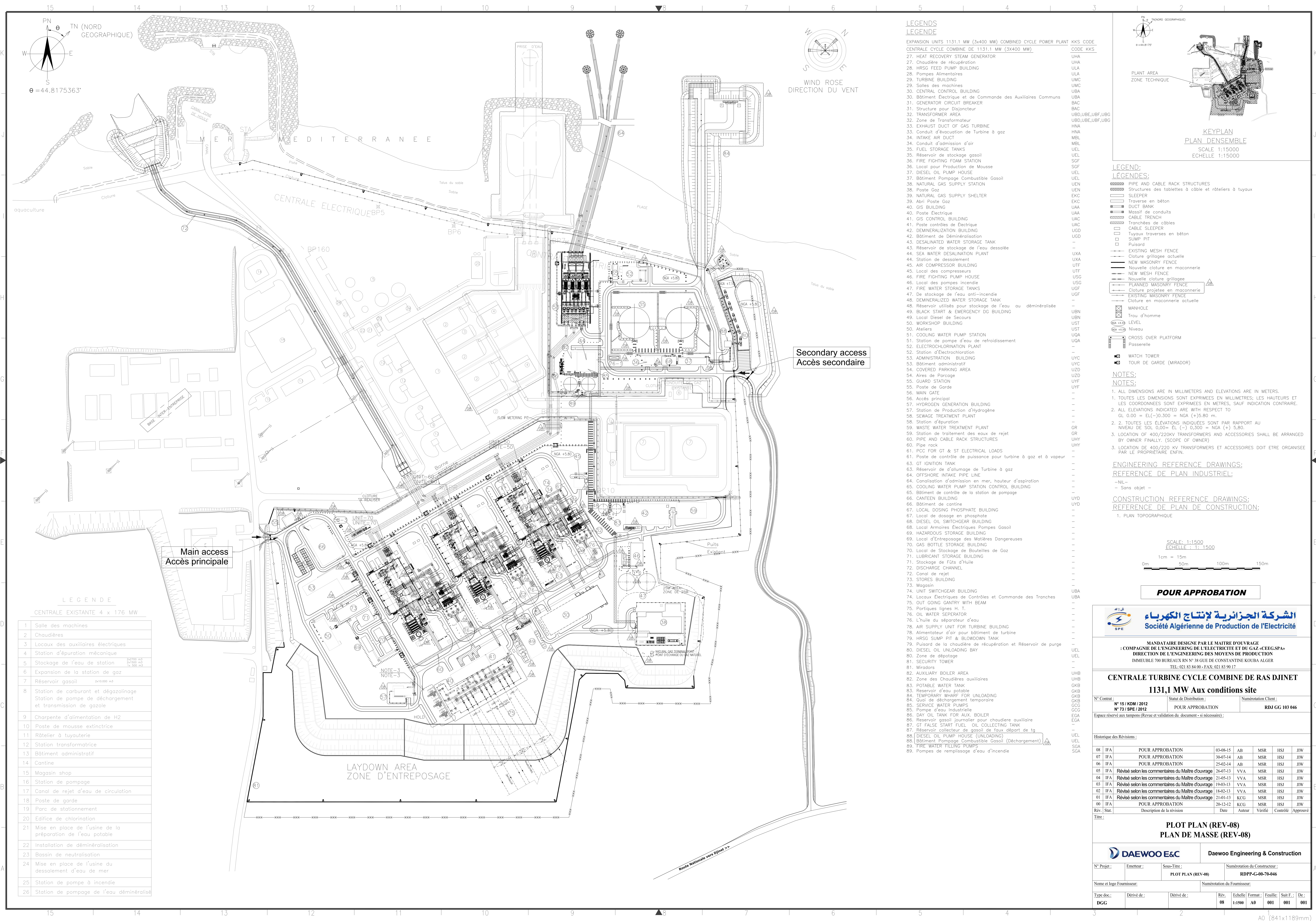
ANNEXE I
LES VALEURS
DE
L'INDICE T.S.N.
POUR
LESTYPES
D'ASSEMBLAGE
LES
PLUS COURANTS

ANNEXE I : Les valeurs de l'indice T.S.N. pour les types d'assemblage les plus courants

Type de joint	Épaisseur des tôles (mm)	T.S.N.
 Deux chemins de dispersion de la chaleur	6 et 6	2
	6 et 12	3
	6 et 18	4
	12 et 12	4
	24 et 24	8
	24 et 48	12
 Trois chemins de dispersion de la chaleur	6 et 6	3
	12 et 12	6
	24 et 24	12
 Quatre chemins de dispersion de la chaleur	6 et 6	4
	12 et 12	8
	24 et 24	16
	6 + 12 + 12 + 12	7

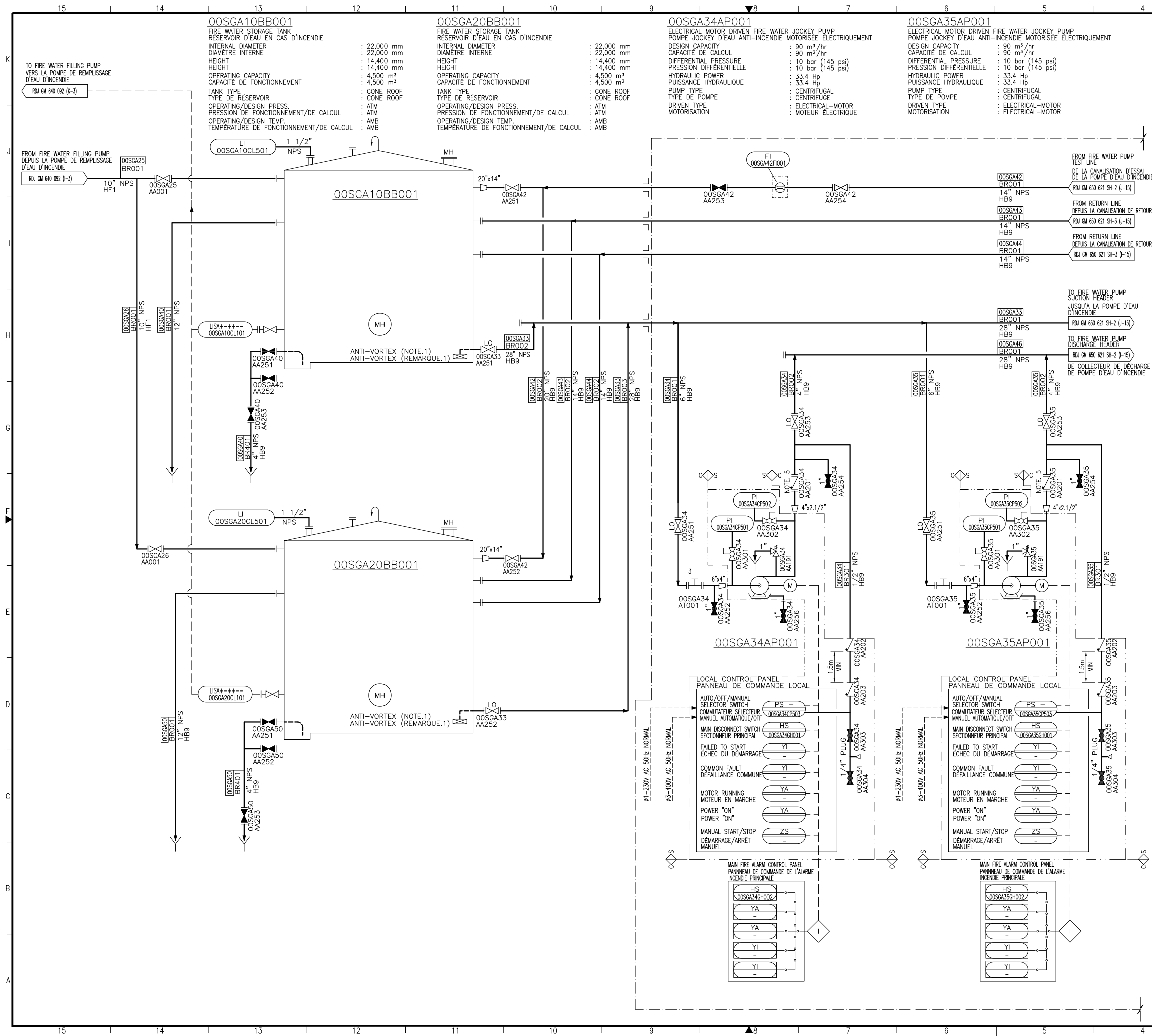
ANNEXE II

PLAN DE MASSE



ANNEXE III

SYSTEME DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE - POMPES ET RESERVOIRS D'EAU



NOTE:

REMARQUE :

- ANTI-VORTEX PLATE SHALL CONSIST OF A HORIZONTAL STEEL PLATE THAT IS AT LEAST TWICE THE DIAMETER OF THE OUTLET ON AN ELBOW FITTING, WHERE REQUIRED, MOUNTED AT THE OUTLET A DISTANCE ABOVE THE BOTTOM OF THE TANK EQUAL TO ONE-HALF THE DIAMETER OF THE DISCHARGE PIPE. THE MINIMUM DISTANCE ABOVE THE BOTTOM OF THE TANK SHALL BE 152mm.
- LA PLAQUE ANTI-VORTEX CONSISTERA EN UNE PLAQUE D'ACIER HORIZONTALE MESURANT AU MOINS DEUX FOIS LE DIAMETRE DE LA SORTIE D'UN RACCORD COUDE, LA OU CELA SERA NECESSAIRE, MONTÉE A LA SORTIE AU DESSUS, A UNE DISTANCE EGALE A LA MOITIÉ DU DIAMETRE DU TUYAU DE DÉCHARGE, DU FOND DU RÉSERVOIR. LA DISTANCE MINIMUM AU DESSUS DU FOND DU RÉSERVOIR SERA DE 152mm.
- ALL CONTROLS AND INSTRUMENTATION TO BE LOCATED SUCH THAT THEY ARE EASILY ACCESSIBLE FOR OPERATION, MONITORING AND MAINTENANCE.
- TOUTES LES COMMANDES ET LES INSTRUMENTATIONS DOIVENT ÊTRE INSTALLÉES DE FAÇON À ÊTRE ACCESSIBLE FACILEMENT POUR LE CONTRÔLE DE FONCTIONNEMENT ET LA MAINTENANCE.
- SIZE OF AUTOMATIC RELIEF VENT SHALL BE DEFINED BY THE TANK VENDOR.
- LES DIMENSIONS DES ÉVÈNTS D'ÉQUILIBRAGE AUTOMATIQUE SERONT DÉFINIES PAR LE FOURNISSEUR DE RÉSERVOIR.
- FIRE PUMP AND CONTROLLER SHALL BE IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENT OF NFPA 20.
- LES POMPES INCENDIE ET LES CONTRÔLEURS SERONT EN ACCORD AVEC LES LES EXIGENCES DES STANDARDS NFP 20.
- CHECK VALVE SHALL BE USED SMOLENSKY CHECK VALVE.
- LES CLAPETS DE NON-RETOUR SERONT DES CLAPETS DE NON-RETOUR SMOLENSKY.



MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINE DE RAS DJINET

1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat :	Statut de Distribution :	Numerotation Client :
N° 15 / KDM / 2012	POUR NOTIFICATION	RDJ GM 650 621
N° 73 / SPE / 2012		

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire) :

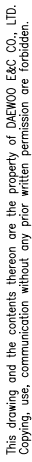
Historique des Révisions :						
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé

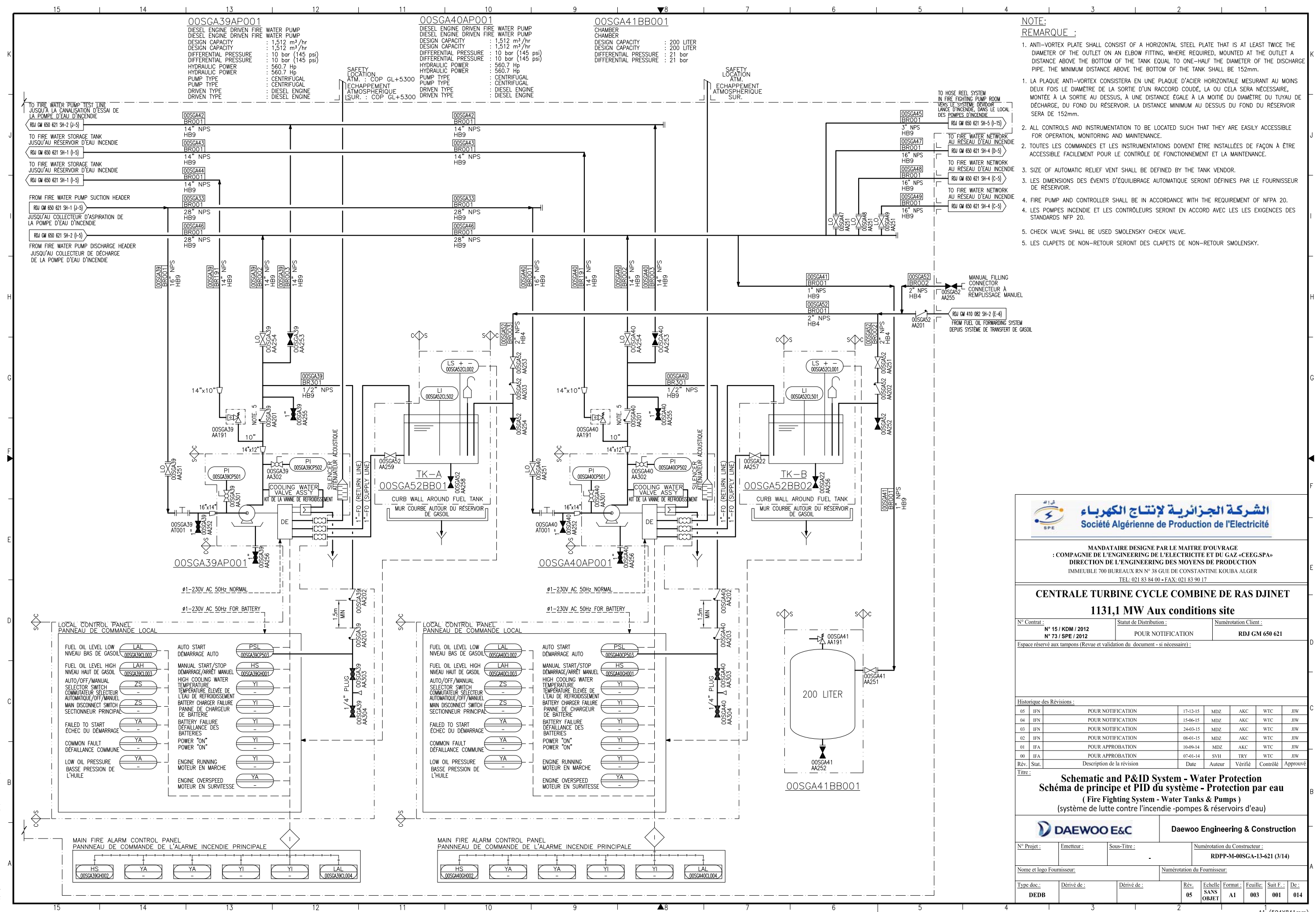
Titre :
Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Water Tanks & Pumps)
(système de lutte contre l'incendie -pompes & réservoirs d'eau)

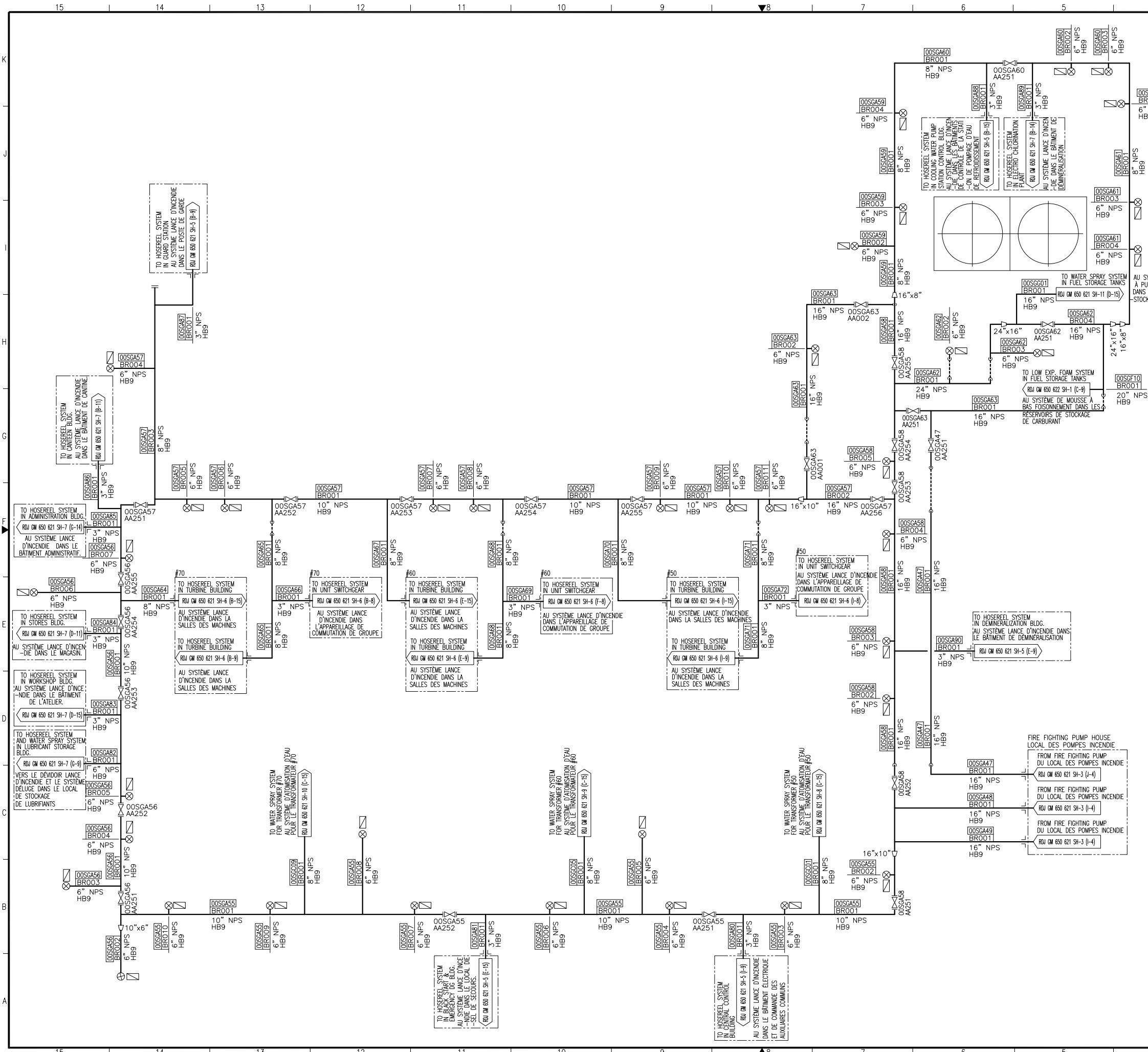


Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numerotation du Constructeur :			
			RDPP-M-00SGA-13-621 (1/14)			
Noms et logo Fournisseur:			Numerotation du Fournisseur:			
Type doc.:	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév.	Echelle	Format :	Suit F. :
DEDDB			05	SANS OBJET	A1	001
						014







NOTE:
REMARQUE :

1. DISTANCE BETWEEN HYDRANT SHALL NOT BE MORE THAN 60m.
1. LA DISTANCE ENTRE LES BOUCHES D'INCENDIE NE SERA PAS PLUS DE 60m.
2. HOSE CABINET OF FIRE HYDRANT SHALL BE LOCATED WITHIN 5m FROM EACH FIRE HYDRANT.
2. L'ARMOIRE DE LA BOUCHE D'INCENDIE EXTERIEURE SERA INSTALLEE A MOINS DE 5m DE CHAQUE BOUCHE D'INCENDIE.
3. FIRE HYDRANT SHALL BE 6" WET BARREL TYPE WITH TWO 2.1/2" VALVE HOSE OUTLET AND 4" PUMPER CONNECTION.
3. LA BOUCHE D'INCENDIE DE TYPE BARIL ETANCHE DOIT ETRE DE 6" AVEC DEUX 2,1/2" VANNES DE SORTIE DE BOUCHE D'INCENDIE ET UN RACCORD DE POMPE DE 4".

SYMBOL & LEGEND
SYMBLES & LEGENDES

- HYDRANT
BOUCHE D'INCENDIE
- HOSE CABINET
ARMOIRE D'INCENDIE
- BLOCK VALVE (GATE VALVE)
VANNE DE SECTIONNEMENT (ROBINET-VANNE)

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST
LISTE DES EQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITE	REMARK COMMENTAIRE
⊗	HYDRANT BOUCHE D'INCENDIE	6"	38	
⊠	HOSE CABINET ARMOIRE D'INCENDIE	-	38	
⊘	BLOCK VALVE (GATE VALVE) VANNE DE SECTIONNEMENT (ROBINET-VANNE)	24"	1	
		16"	9	
		10"	13	
		8"	1	

الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء
Société Algérienne de Production de l'Electricité

MANDATAIRE DESIGNE PAR LE MAITRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINE DE RAS DJINET

1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numerotation Client : RDJ GM 650 621
--	--	--

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire) :

Historique des Révisions :							
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JTW
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JTW
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé	Approuvé

Titre :

Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Main Network)
(système de lutte contre l'incendie -réseau principal)

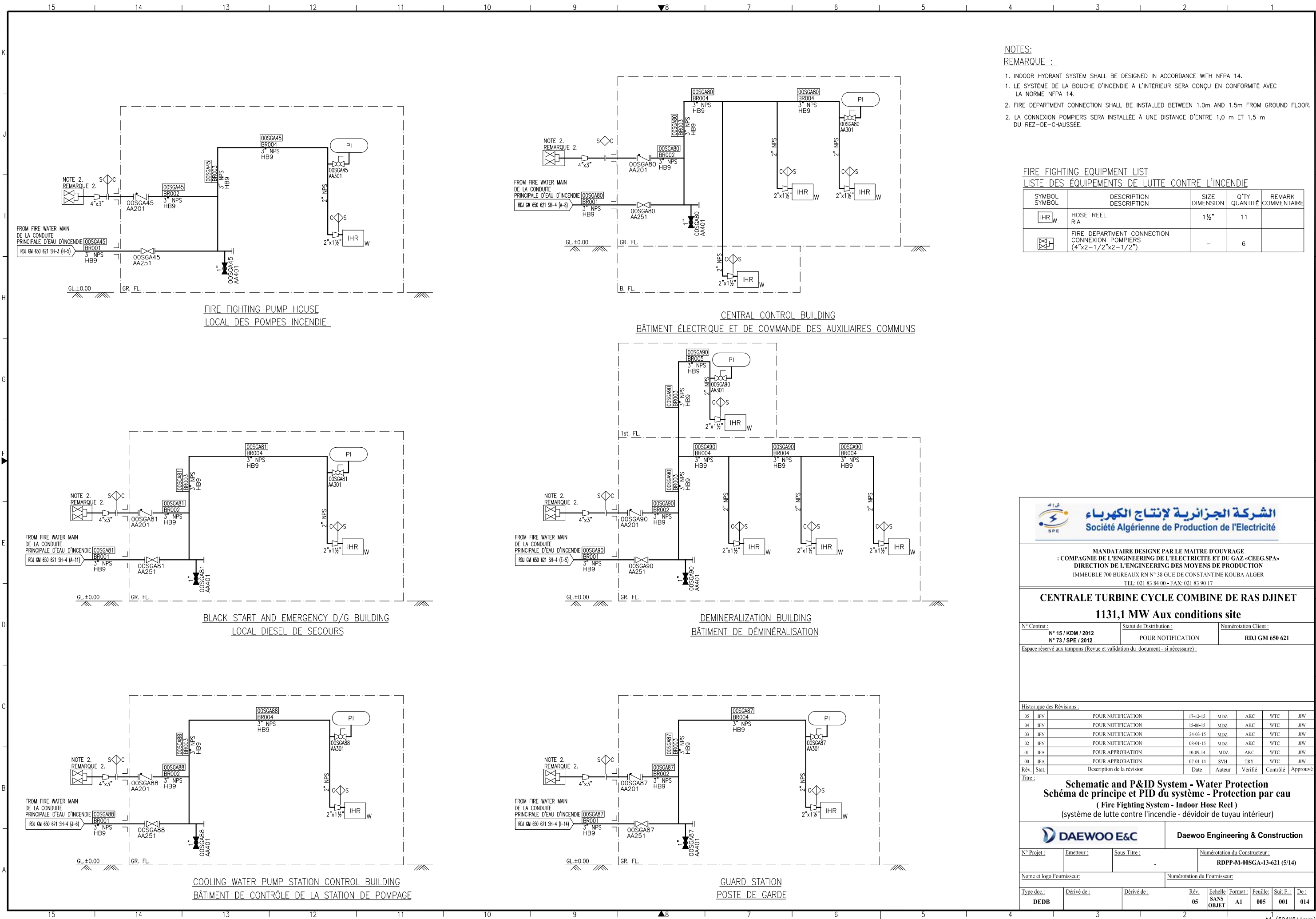
Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numerotation du Constructeur :
			RDPP-M-00SGA-13-621 (4/14)

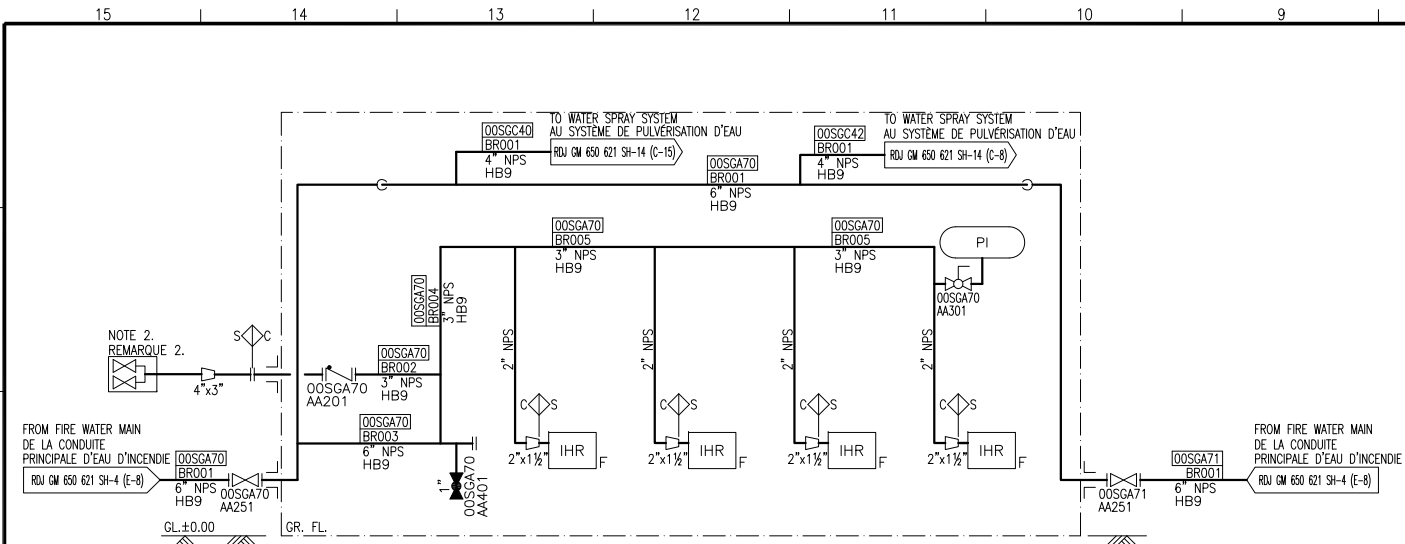
Nome et logo Fournisseur: Numerotation du Fournisseur:

Type doc.:	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév.	Echelle	Format :	Feuille:	Suit F.:	De :
DEDDB			05	SANS OBJET	A1	004	001	014

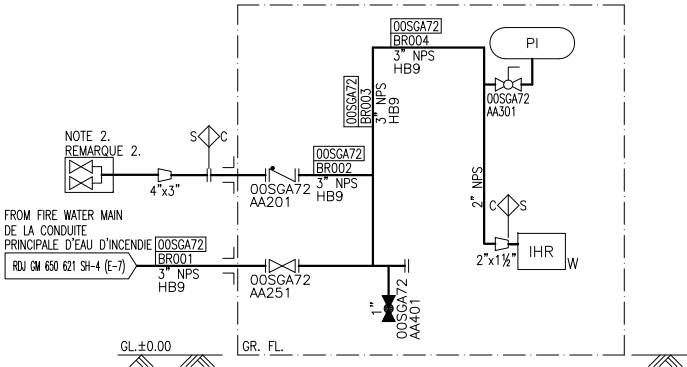
This drawing and the contents thereon are the property of DAEWOO E&C CO., LTD.
Copying, use, communication without any prior written permission are forbidden.



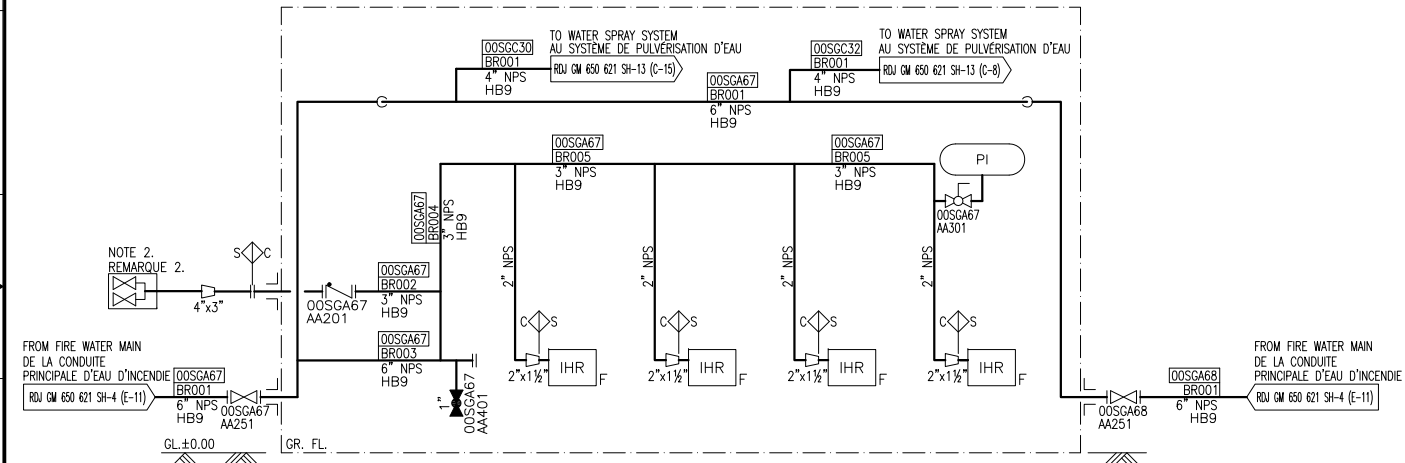
This drawing and the contents thereon are the property of DAEWOO E&C CO., LTD.
Copying, use, communication without any prior written permission are forbidden.



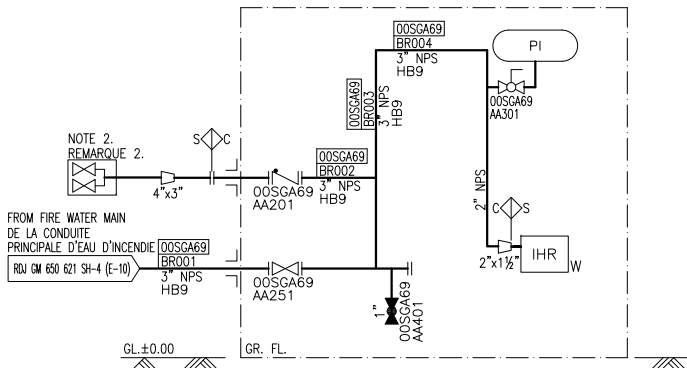
TURBINE BUILDING #50
SALLE DES MACHINES #50



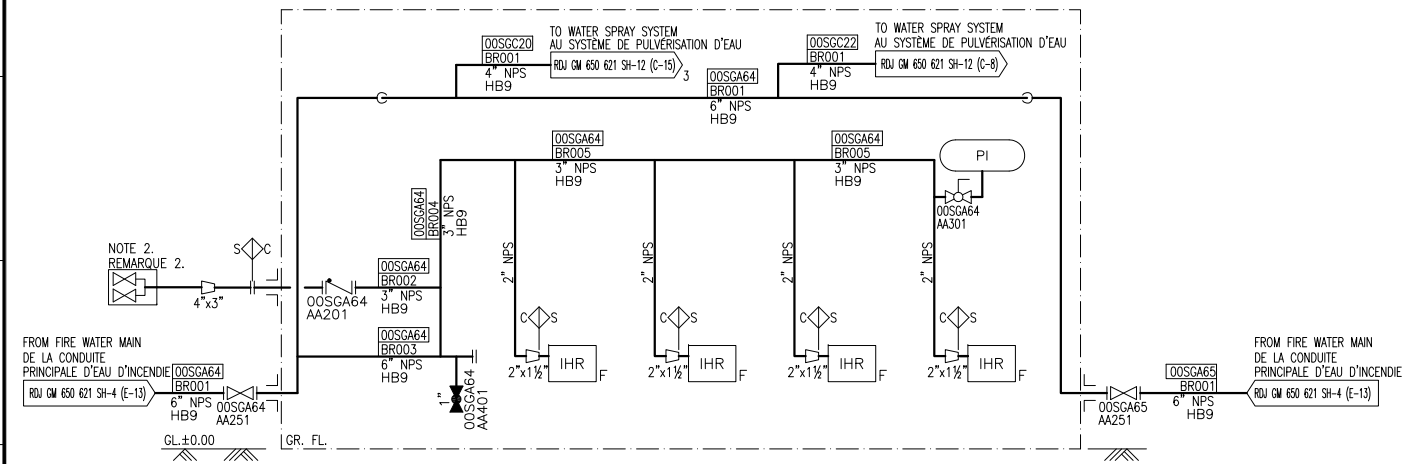
UNIT SWITCHGEAR BUILDING #50
LOCAUX ÉLECTRIQUES DE CONTRÔLES ET COMMANDE DES TRANCHES #50



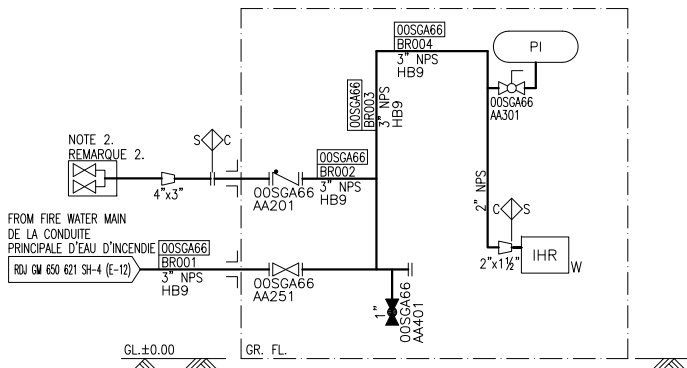
TURBINE BUILDING #60
SALLE DES MACHINES #60



UNIT SWITCHGEAR BUILDING #60
LOCAUX ÉLECTRIQUES DE CONTRÔLES ET COMMANDE DES TRANCHES #60



TURBINE BUILDING #70
SALLE DES MACHINES #70



UNIT SWITCHGEAR BUILDING #70
LOCAUX ÉLECTRIQUES DE CONTRÔLES ET COMMANDE DES TRANCHES #70

NOTES:

REMARQUE :

- INDOOR HYDRANT SYSTEM SHALL BE DESIGNED IN ACCORDANCE WITH NFPA 14.
- LE SYSTÈME DE LA BOUCHE D'INCENDIE À L'INTÉRIEUR SERA CONÇU EN CONFORMITÉ AVEC LA NORME NFPA 14.
- FIRE DEPARTMENT CONNECTION SHALL BE INSTALLED BETWEEN 1.0m AND 1.5m FROM GROUND FLOOR
- LA CONNEXION POMPIERS SERA INSTALLÉE À UNE DISTANCE D'ENTRE 1,0 m ET 1,5 m DU REZ-DE-CHAUSSEE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST

LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
IHR _W	HOSE REEL RIA	1-1/2"	3	
IHR _F	HOSE REEL WITH FOAM CAN RIA MOUSSE	1-1/2"	12	
FD	FIRE DEPARTMENT CONNECTION CONNEXION POMPIERS (4"x2-1/2"x2-1/2")	-	6	



MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEE.G.S.P.A»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINÉ DE RAS DJINET 1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numérotation Client : RDJ GM 650 621
--	---	---

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire):

Historique des Révisions :						
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé

Titre :
Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Indoor Hose Reel)
(système de lutte contre l'incendie - dévidoir de tuyau intérieur)



Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numérotation du Constructeur : RDPP-M-00SGA-13-621 (6/14)
-------------	------------	--------------	--

Nome et logo Fournisseur: Numérotation du Fournisseur:

Type doc.: DEDB	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév. 05	Echelle SANS OBJET	Format : A1	Feuille: 006	Suit F.: 001	De : 014
--------------------	-------------	-------------	------------	--------------------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------

ADMINISTRATION BUILDING
BÂTIMENT ADMINISTRATIF

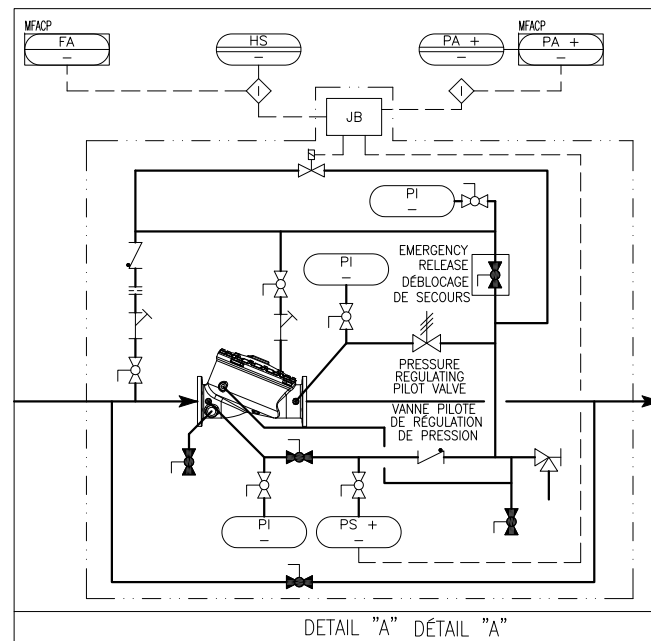
LUBRICANT STORAGE BUILDING
STOCKAGE DE FûTS D'HUILE

WORKSHOP BUILDING
ATELIERS

STORES BUILDING
MAGASIN

ELECTRO CHLORINATION PLANT
STATION D'ÉLECTROCHLORATION

CANTEEN BUILDING
BÂTIMENT DE CANTINE



NOTES:
REMARQUE :

1. INDOOR HYDRANT SYSTEM SHALL BE DESIGNED IN ACCORDANCE WITH NFPA 14.
1. LE SYSTÈME DE LA BOUCHE D'INCENDIE À L'INTÉRIEUR SERA CONÇU EN CONFORMITÉ AVEC LA NORME NFPA 14.
2. FIRE DEPARTMENT CONNECTION SHALL BE INSTALLED BETWEEN 1.0m AND 1.5m FROM GROUND FLOOR.
2. LA CONNEXION POMPIERS SERA INSTALLÉE À UNE DISTANCE D'ENTRE 1,0 m ET 1,5 m DU REZ-DE-CHAUSSÉE.

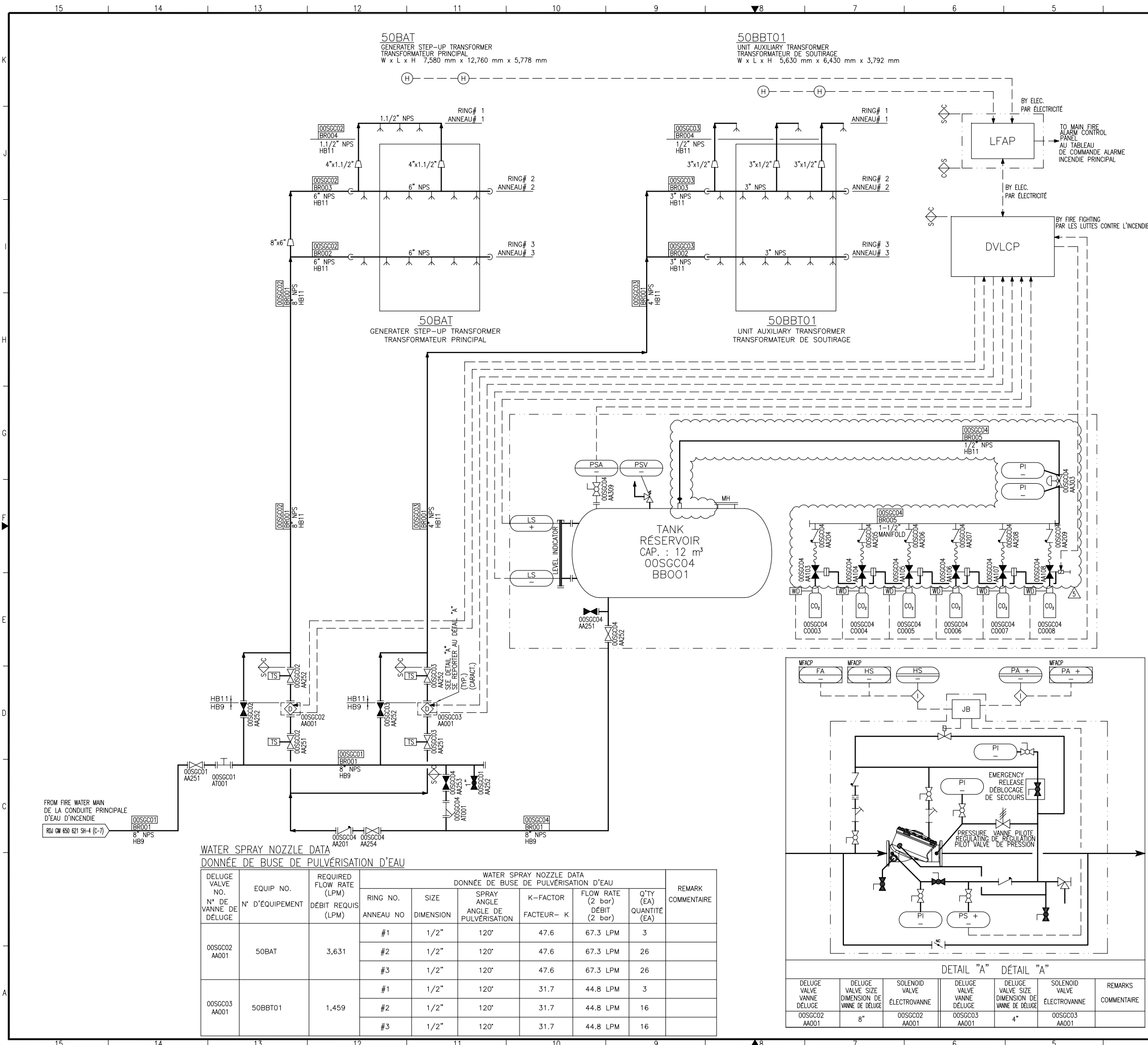
FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST
LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
 IHR _W	HOSE REEL RIA	1½"	13	
 IHR _F	HOSE REEL WITH FOAM CAN RIA MOUSSE	1½"	1	
	FIRE DEPARTMENT CONNECTION CONNEXION POMPIERS (4"x2-1/2"x2-1/2")	—	7	
	DELUGE VALVE VANNE DE DÉLUGE	4"	1	
	WATER SPRAY NOZZLE BUSE DE PULVERISATION D'EAU	½"	—	

WATER SPRAY NOZZLE DATA
DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU

DELUGE VALVE NO.	EQUIP NO.	REQUIRED FLOW RATE (LPM)	WATER SPRAY NOZZLE DATA				REMARK COMMENTAIRE
			DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU				
N° DE VANNE DE DELUGE	N° D'EQUIPEMENT	DÉBIT REQUIS (LPM)	SIZE	SPRAY ANGLE ANGLE DE PULVÉRISATION	K-FACTOR FACTEUR - K	FLOW RATE DÉBIT (2 bar)	Q'TY QUANTITÉ (EA)
00SGE01 AA001	50BAT	—	½"	—	—	— LPM	—

	الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء Société Algérienne de Production de l'Electricité																																																									
MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE : COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA» DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER TEL: 021 83 84 00 - FAX: 021 83 90 17																																																										
CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINE DE RAS DJINET 1131,1 MW Aux conditions site																																																										
N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numérotation Client : RDJ GM 650 621																																																								
Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire) :																																																										
Historique des Révisions : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.9em;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">05</th> <th style="width: 15%;">IFN</th> <th style="width: 45%;">POUR NOTIFICATION</th> <th style="width: 10%;">17-12-15</th> <th style="width: 10%;">MDZ</th> <th style="width: 10%;">AKC</th> <th style="width: 10%;">WTC</th> <th style="width: 10%;">JTW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>04</td> <td>IFN</td> <td>POUR NOTIFICATION</td> <td>15-06-15</td> <td>MDZ</td> <td>AKC</td> <td>WTC</td> <td>JTW</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>IFN</td> <td>POUR NOTIFICATION</td> <td>24-03-15</td> <td>MDZ</td> <td>AKC</td> <td>WTC</td> <td>JTW</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>IFN</td> <td>POUR NOTIFICATION</td> <td>08-01-15</td> <td>MDZ</td> <td>AKC</td> <td>WTC</td> <td>JTW</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td>IFA</td> <td>POUR APPROBATION</td> <td>10-09-14</td> <td>MDZ</td> <td>AKC</td> <td>WTC</td> <td>JTW</td> </tr> <tr> <td>00</td> <td>IFA</td> <td>POUR APPROBATION</td> <td>07-01-14</td> <td>SVH</td> <td>TRY</td> <td>WTC</td> <td>JTW</td> </tr> <tr> <td>Rév.</td> <td>Stat.</td> <td>Description de la révision</td> <td>Date</td> <td>Auteur</td> <td>Véifié</td> <td>Contrôlé</td> <td>Approuvé</td> </tr> </tbody> </table>			05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JTW	04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JTW	03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JTW	02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JTW	01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JTW	00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JTW	Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Véifié	Contrôlé	Approuvé
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JTW																																																			
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JTW																																																			
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JTW																																																			
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JTW																																																			
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JTW																																																			
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JTW																																																			
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Véifié	Contrôlé	Approuvé																																																			
Titre : Schematic and P&ID System - Water Protection Schéma de principe et PID du système - Protection par eau (Fire Fighting System - Water spray & Indoor Hose Reel) (système de lutte contre l'incendie - pulvérisation d'eau & dévidoir de tuyau intérieur)																																																										
		Daewoo Engineering & Construction																																																								
N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numérotation du Constructeur : RDPP-M-00SGA-13-621 (7/14)																																																							
Nome et logo Fournisseur:			Numérotation du Fournisseur:																																																							
Type doc.: DEDB	Dérivé de :	Dérivé de :	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="width: 10%;">Rév.</td> <td style="width: 10%;">Echelle</td> <td style="width: 10%;">Format :</td> <td style="width: 10%;">Feuille:</td> <td style="width: 10%;">Suit F. :</td> <td style="width: 10%;">De :</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">05</td> <td style="text-align: center;">SANS OBJET</td> <td style="text-align: center;">A1</td> <td style="text-align: center;">007</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">014</td> </tr> </table>	Rév.	Echelle	Format :	Feuille:	Suit F. :	De :	05	SANS OBJET	A1	007	001	014																																											
Rév.	Echelle	Format :	Feuille:	Suit F. :	De :																																																					
05	SANS OBJET	A1	007	001	014																																																					



NOTE:

REMARQUE :

1. THE VALVE STATUS SIGNALS SHALL BE MONITORED ON THE FIRE ALARM CONTROL PANEL.
1. LES SIGNAUX D'ÉTAT DE VANNE DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS SUR LE TABLEAU DE COMMANDE D'ALARME D'INCENDIE.
2. THE STATUS OF THE LOCAL CONTROL PANELS WILL BE INDICATED ON THE MAIN FIRE ALARM CONTROL PANEL.
2. LE STATUT DES PANNEAUX DE COMMANDE LOCAL SERA INDIQUÉ SUR LE TABLEAU DE COMMANDE DU SYSTÈME D'ALARME D'INCENDIE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST

Liste des Équipements de Lutte Contre l'Incendie

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
	DELUGE VALVE (PRESSURE REGULATING) VANNE DE DELUGE(RÉGULATION DE PRESSION)	8"	1	
	CO ₂ GAS CYLINDER CYLINDRE DE GAZ CO ₂	45kg	6	
	WATER TANK RÉSERVOIR D'EAU	12m ³	1	
	WEIGHT DEVICE MESURE DE POIDS	-	6	
	CO ₂ REGULATING VALVE VANNE DE CO ₂ RÉGULATION	-	1	

الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء
Société Algérienne de Production de l'Électricité

MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINÉ DE RAS DJINET
1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numerotation Client : RDJ GM 650 621
--	--	--

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire):

Historique des Révisions :

Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé	Approuvé
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JIW
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JIW
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JIW
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JIW
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JIW
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JIW

Rév. Stat. Description de la révision Date Auteur Vérifié Contrôlé Approuvé

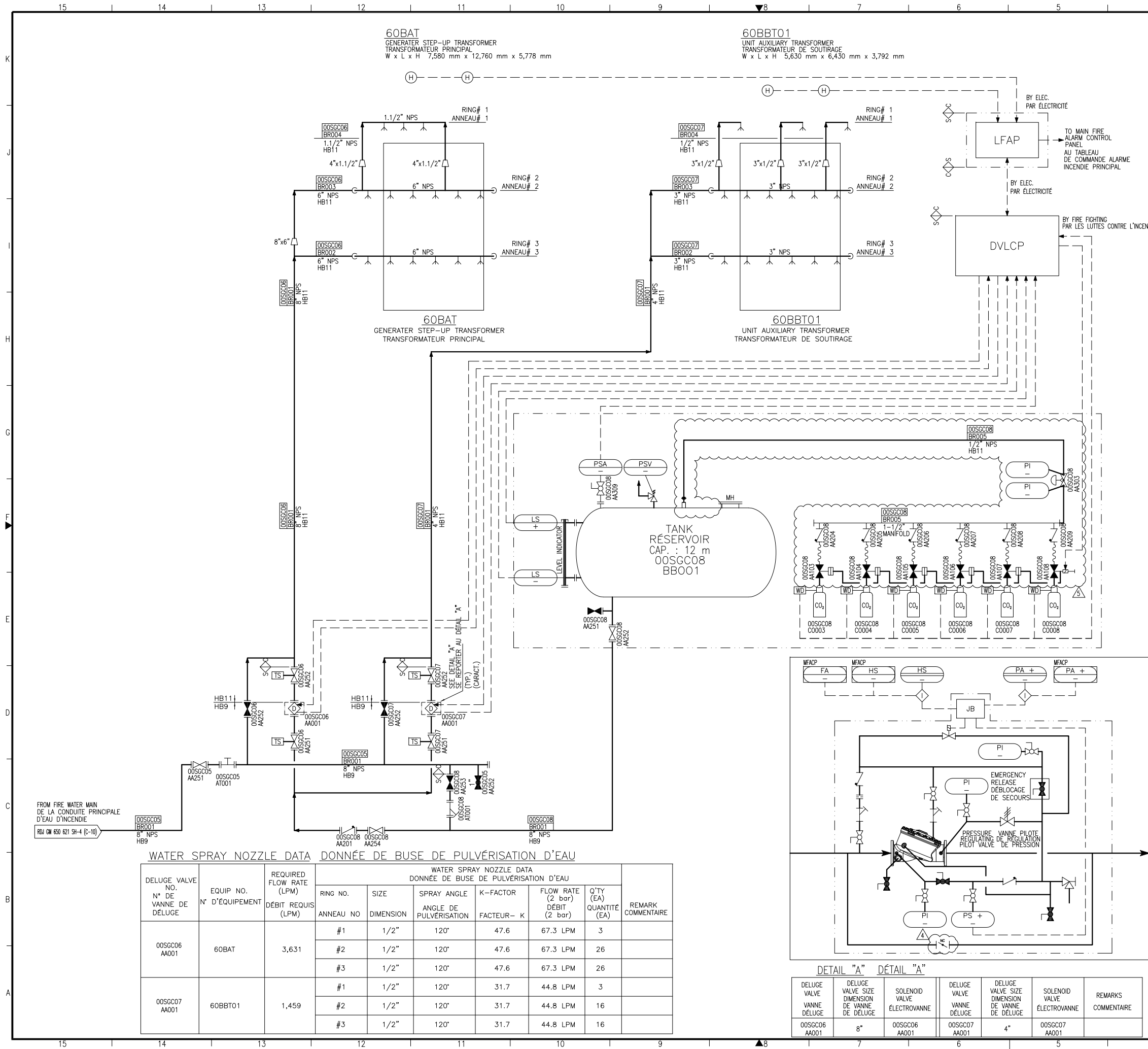
Titre :
Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Water Spray)
(système de lutte contre l'incendie -pulvérisation d'eau)

Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numerotation du Constructeur :
			RDPP-M-00SGA-13-621 (8/14)

Nome et logo Fournisseur: Numerotation du Fournisseur:

Type doc.:	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév.	Echelle	Format :	Feuille:	Suit F.:	De :
DEDB			05	SANS OBJET	A1	008	001	014



NOTE:

REMARQUE :

1. THE VALVE STATUS SIGNALS SHALL BE MONITORED ON THE FIRE ALARM CONTROL PANEL.
1. LES SIGNAUX D'ÉTAT DE VANNE DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS SUR LE TABLEAU DE COMMANDE D'ALARME D'INCENDIE.
2. THE STATUS OF THE LOCAL CONTROL PANELS WILL BE INDICATED ON THE MAIN FIRE ALARM CONTROL PANEL.
2. LE STATUT DES PANNEAUX DE COMMANDE LOCAL SERA INDIQUÉ SUR LE TABLEAU DE COMMANDE DU SYSTÈME D'ALARME D'INCENDIE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST

LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
	DELUGE VALVE (PRESSURE REGULATING) VANNE DE DÉLUGE (RÉGULATION DE PRESSION)	8"	1	
		4"	1	
	CO ₂ GAS CYLINDER CYLINDRE DE GAZ CO	45kg	6	
	WATER TANK RÉSERVOIR D'EAU	12m ³	1	
	WEIGHT DEVICE MESURE DE POIDS	-	6	
	CO ₂ REGULATING VALVE VANNE DE CO ₂ RÉGULATION	-	6	

الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء
Société Algérienne de Production de l'Electricité

MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 - FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINÉ DE RAS DJINET
1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat :
N° 15 / KDM / 2012
N° 73 / SPE / 2012

Statut de Distribution :
POUR NOTIFICATION

Numérotation Client :
RDJ GM 650 621

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire):

Historique des Révisions :

N°	IFN	DESCRIPTION	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé	Approuvé
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JTW
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JTW

Rév. Stat. Description de la révision Date Auteur Vérifié Contrôlé Approuvé

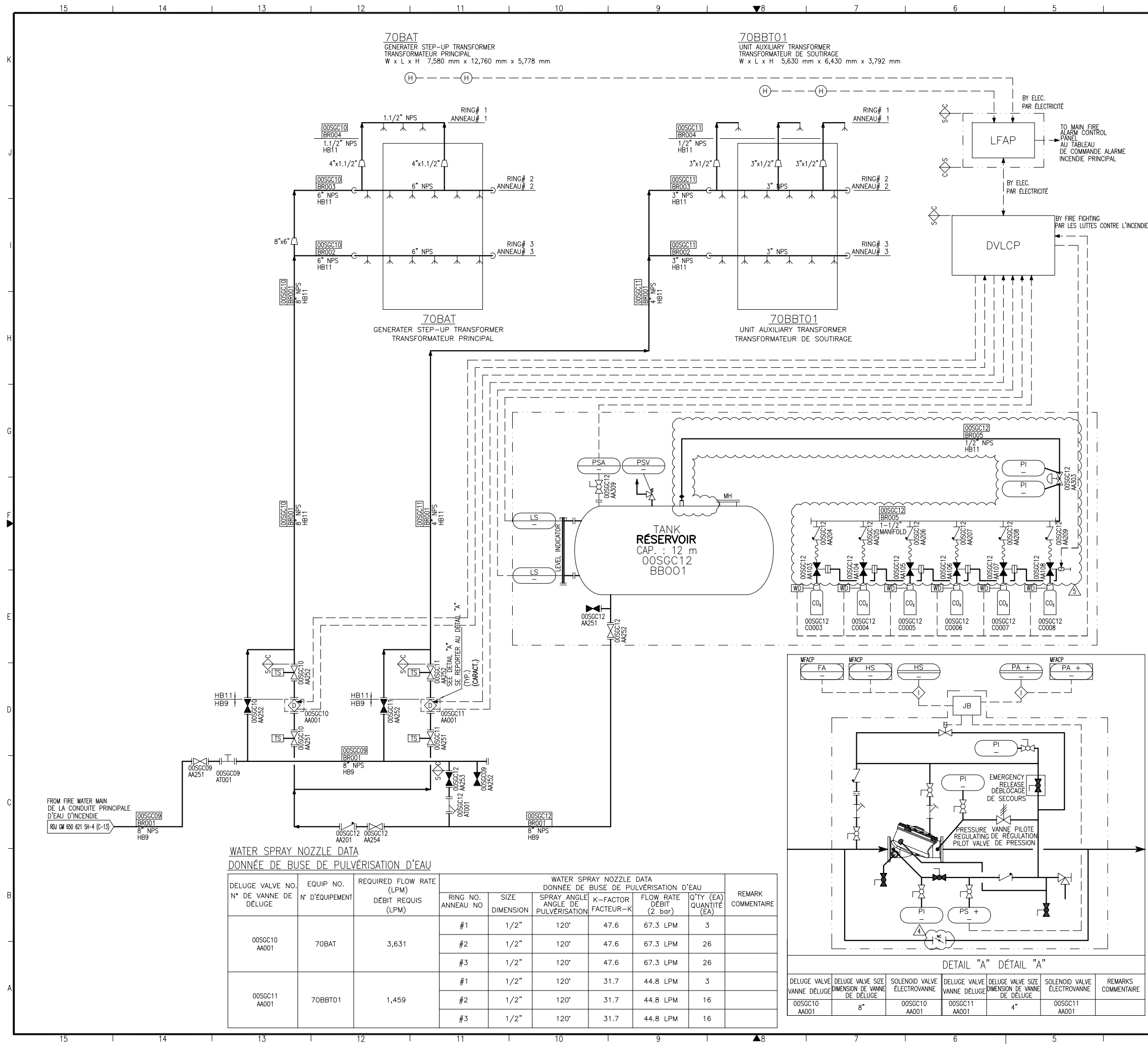
Titre :
Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Water Spray)
(système de lutte contre l'incendie - pulvérisation d'eau)

DAEWOO E&C
Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :
Emetteur :
Sous-Titre :
Numérotation du Constructeur :
RDPP-M-00SGA-13-621 (9/14)

Nome et logo Fournisseur :
Numérotation du Fournisseur :

Type doc. :
Dérivé de :
Dérivé de :
Rév. :
Echelle :
Format :
Feuille :
Suit F. :
De :
DEDDB
05
SANS OBJET
A1
009
001
014



NOTE:
REMARQUE :

1. THE VALVE STATUS SIGNALS SHALL BE MONITORED ON THE FIRE ALARM CONTROL PANEL.
1. LES SIGNAUX D'ÉTAT DE VANNE DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS SUR LE TABLEAU DE COMMANDE D'ALARME D'INCENDIE.
2. THE STATUS OF THE LOCAL CONTROL PANELS WILL BE INDICATED ON THE MAIN FIRE ALARM CONTROL PANEL.
2. LE STATUT DES PANNEAUX DE COMMANDE LOCAL SERA INDICUÉ SUR LE TABLEAU DE COMMANDE DU SYSTÈME D'ALARME D'INCENDIE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST
LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
	DELUGE VALVE (PRESSURE REGULATING) VANNE DE DÉLUGE (RÉGULATION DE PRESSION)	8"	1	
	CO ₂ GAS CYLINDER CYLINDRE DE GAZ CO ₂	45kg	6	
	WATER TANK RÉSERVOIR D'EAU	12m ³	1	
	WEIGHT DEVICE MESURE DE POIDS	-	6	
	CO ₂ REGULATING VALVE VANNE DE CO ₂ RÉGULATION	-	6	



الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء
Société Algérienne de Production de l'Électricité

MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINÉ DE RAS DJINET
1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat :
N° 15 / KDM / 2012
N° 73 / SPE / 2012

Statut de Distribution :
POUR NOTIFICATION

Numerotation Client :
RDJ GM 650 621

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire):

Historique des Révisions :

Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé	Approuvé
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JTW
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JTW

Titre :

Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Water Spray)
(système de lutte contre l'incendie - pulvérisation d'eau)

Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :

Emetteur :

Sous-Titre :

Numerotation du Constructeur :
RDPP-M-00SGA-13-621 (10/14)

Nome et logo Fournisseur:

Numerotation du Fournisseur:

Type doc.:
DEDB

Dérivé de :

Dérivé de :

Rév.
05

Echelle
SANS
OBJET

Format :
A1

Feuille:
010

Suit F.:
001

De :
014

A1 (594X841mm)

This drawing and the contents thereon are the property of DAEWOO E&C CO., LTD.
Copying, use, communication without any prior written permission are forbidden.

WATER SPRAY NOZZLE DATA DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU

DELUGE VALVE NO. N° DE VANNE DE DELUGE	EQUIP NO. N° D'ÉQUIPEMENT	REQUIRED FLOW RATE (LPM) DÉBIT REQUIS (LPM)	WATER SPRAY NOZZLE DATA DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU						REMARK COMMENTAIRE	DELUGE VALVE NO. N° DE VANNE DE DELUGE	EQUIP NO. N° D'ÉQUIPEMENT	REQUIRED FLOW RATE (LPM) DÉBIT REQUIS (LPM)	WATER SPRAY NOZZLE DATA DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU						REMARK COMMENTAIRE
			RING NO. ANNEAU NO	SIZE DIMENSION	SPRAY ANGLE ANGLE DE PULVÉRISATION	K-FACTOR FACTEUR-K	FLOW RATE (2 bar) DÉBIT (2 bar)	Q'TY (EA) QUANTITÉ (EA)					RING NO. ANNEAU NO	SIZE DIMENSION	SPRAY ANGLE ANGLE DE PULVÉRISATION	K-FACTOR FACTEUR-K	FLOW RATE (2 bar) DÉBIT (2 bar)	Q'TY (EA) QUANTITÉ (EA)	
00SGG02 AA001	00EGB11BB001	14,448	#1	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	5	00SGG04 AA001	00EGB12BB002	14,448	#1	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	5	00SGG05 AA001	
			#2	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	10				#2	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	10		
			#3	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	20				#3	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	20		
			#4	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30				#4	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30		
00SGG03 AA001			#5	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30	#5			1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30			
			#6	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	5	#6			1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	5			
			#7	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	10	#7			1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	10			
			#8	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	20	#8			1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	20			
			#9	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30	#9			1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30			
			#10	1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30	#10			1/2"	140°	59.0	83.4 LPM	30			

FROM FIRE WATER MAIN
DE LA CONDUITE PRINCIPALE
D'EAU D'INCENDIE
RDJ GM 650 621 SH-4 (H-S)
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

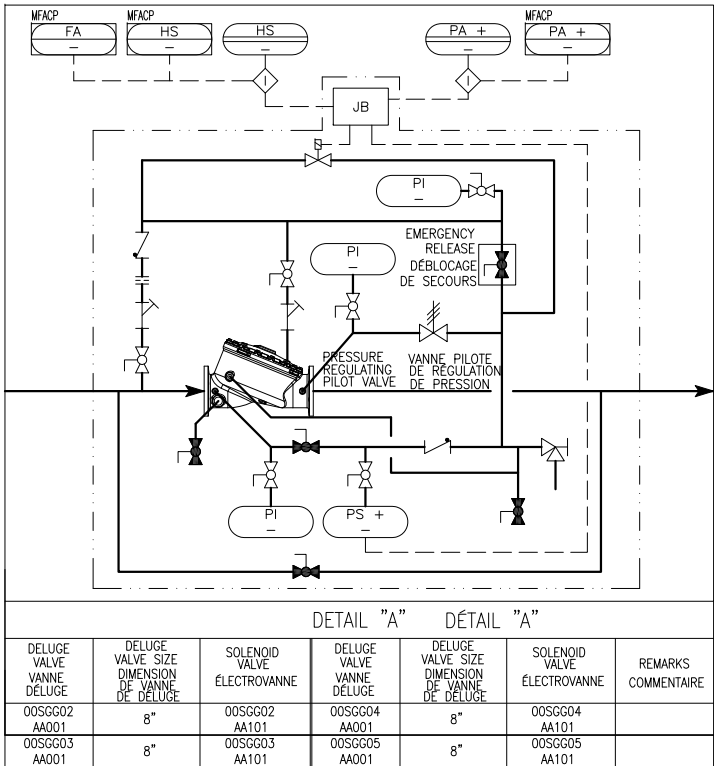
00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9

00SGG01
BR001
16" NPS
HB9



NOTE:

REMARQUE :

1. THE VALVE STATUS SIGNALS SHALL BE MONITORED ON THE FIRE ALARM CONTROL PANEL.
1. LES SIGNAUX D'ÉTAT DE VANNE DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS SUR LE TABLEAU DE COMMANDE D'ALARME D'INCENDIE.
2. THE STATUS OF THE LOCAL CONTROL PANELS WILL BE INDICATED ON THE MAIN FIRE ALARM CONTROL PANEL.
2. LE STATUT DES PANNEAUX DE COMMANDE LOCAL SERA INDICUÉ SUR LE TABLEAU DE COMMANDE DU SYSTÈME D'ALARME D'INCENDIE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST

Liste des Équipements de Lutte Contre l'Incendie

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
	DELUGE VALVE VANNE DELUGE	8"	4	



MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINE DE RAS DJINET 1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numerotation Client : RDJ GM 650 621
--	---	---

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire) :

Historique des Révisions :						
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé

Schematic and P&ID System - Water Protection Schéma de principe et PID du système - Protection par eau (Fire Fighting System - Water Spray) (système de lutte contre l'incendie -pulvérisation d'eau)

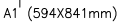


Daewoo Engineering & Construction

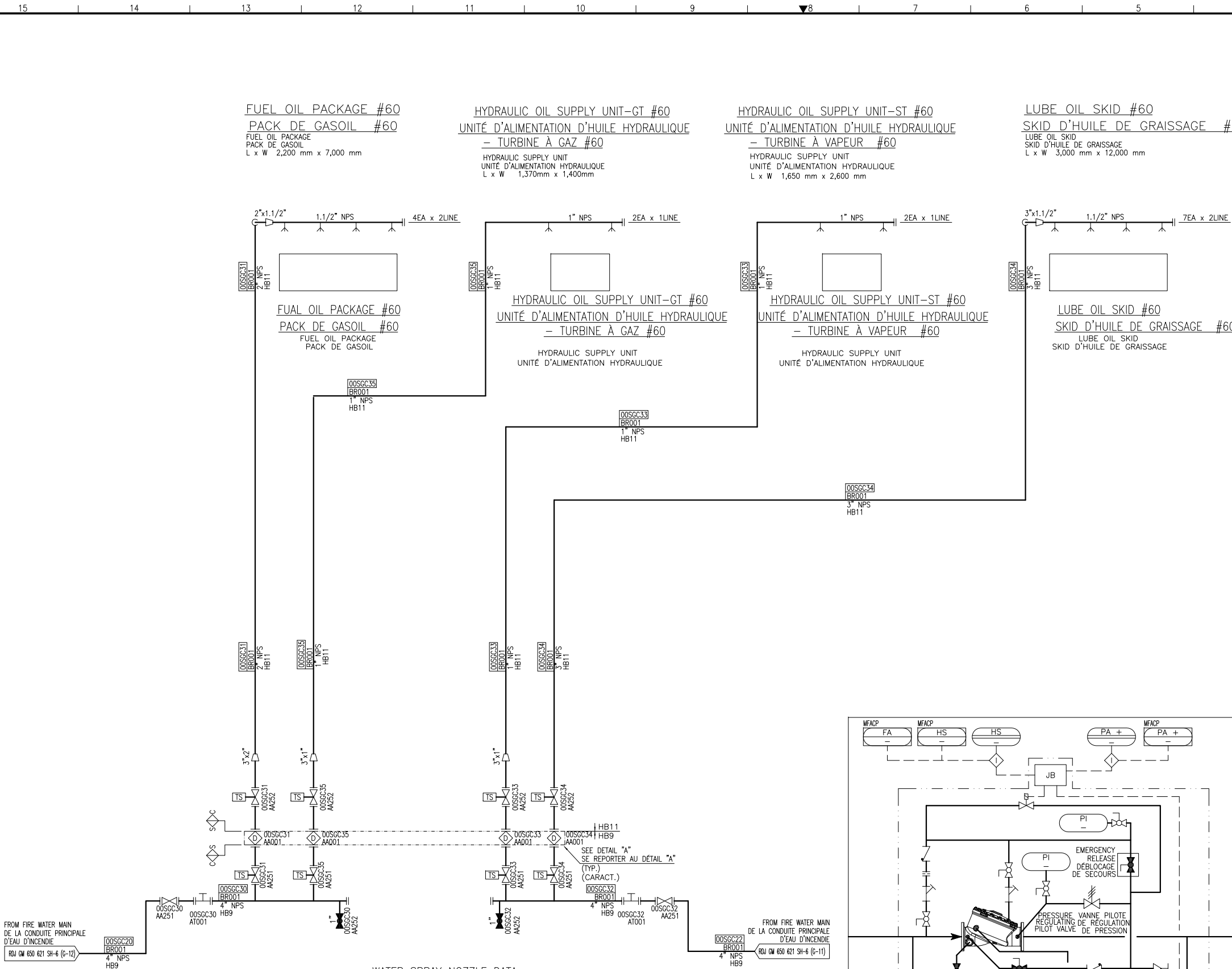
N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numerotation du Constructeur :
			RDPP-M-00SGA-13-621 (11/14)

Nome et logo Fournisseur: Numerotation du Fournisseur:

Type doc.: DEDDB	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév. 05	Echelle SANS OBJET	Format : A1	Feuille: 011	Suit F.: 001	De : 014
---------------------	-------------	-------------	------------	--------------------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------

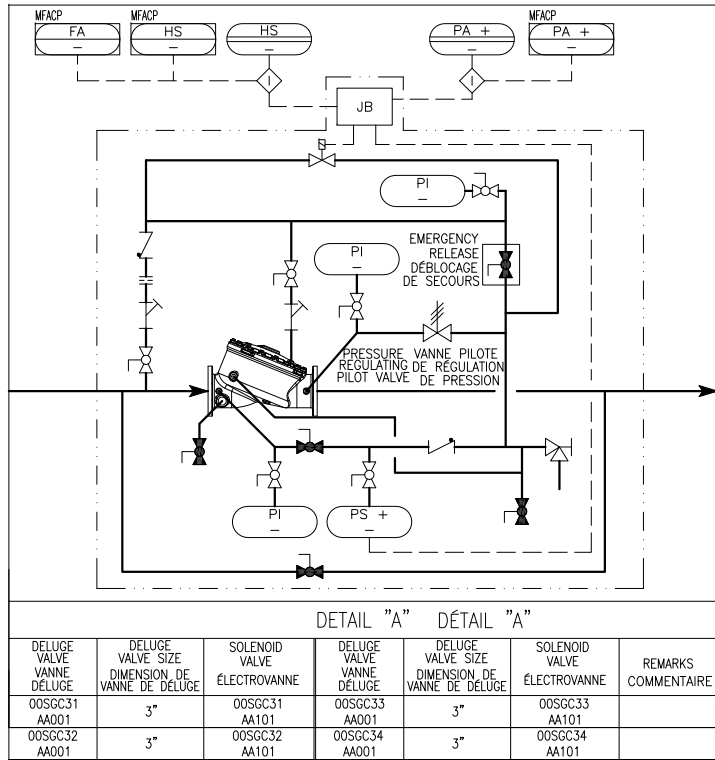


This drawing and the contents thereon are the property of DAEWOO E&C CO., LTD.
Copying, use, communication without any prior written permission are forbidden.



WATER SPRAY NOZZLE DATA
DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU

DELUGE VALVE NO. N° DE VANNE DE DELUGE	EQUIPMENT NAME (SKID NAME) NOM DE L'EQUIPEMENT (NOM DU SKID)	REQUIRED FLOW RATE (LPM) DÉBIT REQUIS (LPM)	WATER SPRAY NOZZLE DATA DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU					REMARK COMMENTAIRE
			SIZE DIMENSION	SPRAY ANGLE ANGLE DE PULVÉRISATION	K-FACTOR FACTEUR-K	FLOW RATE (2 bar) DÉBIT (2 bar)	Q'TY (EA) QUANTITÉ (EA)	
00SGC31 AA001	FUEL OIL PACKAGE (#60) PACK DE GASOIL (#60)	157	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	8	
00SGC32 AA001	HYDRAULIC SUPPLY UNIT-ST #60 UNITÉ D'ALIMENTATION HYDRAULIQUE - TURBINE À VAPEUR #60	44	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	2	
00SGC33 AA001	LUBE OIL SKID (#60) LUBE OIL SKID (#60)	367	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	14	
00SGC34 AA001	HYDRAULIC SUPPLY UNIT-GT #60 UNITÉ D'ALIMENTATION HYDRAULIQUE - TURBINE À GAZ #60	20	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	2	



NOTE:
REMARQUE :

- THE VALVE STATUS SIGNALS SHALL BE MONITORED ON THE FIRE ALARM CONTROL PANEL.
LES SIGNAUX D'ÉTAT DE VANNE DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS SUR LE TABLEAU DE COMMANDE D'ALARME D'INCENDIE.
- THE STATUS OF THE LOCAL CONTROL PANELS WILL BE INDICATED ON THE MAIN FIRE ALARM CONTROL PANEL.
LE STATUT DES PANNEAUX DE COMMANDE LOCAL SERA INDIQUÉ SUR LE TABLEAU DE COMMANDE DU SYSTÈME D'ALARME D'INCENDIE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST
LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
	DELUGE VALVE VANNE DELUGE	3"	4	



MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINE DE RAS DJINET
1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numérotation Client : RDJ GM 650 621
--	---	---

Espace réservé aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire) :

Historique des Révisions :						
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé

Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Water Spray)
(système de lutte contre l'incendie - pulvérisation d'eau)



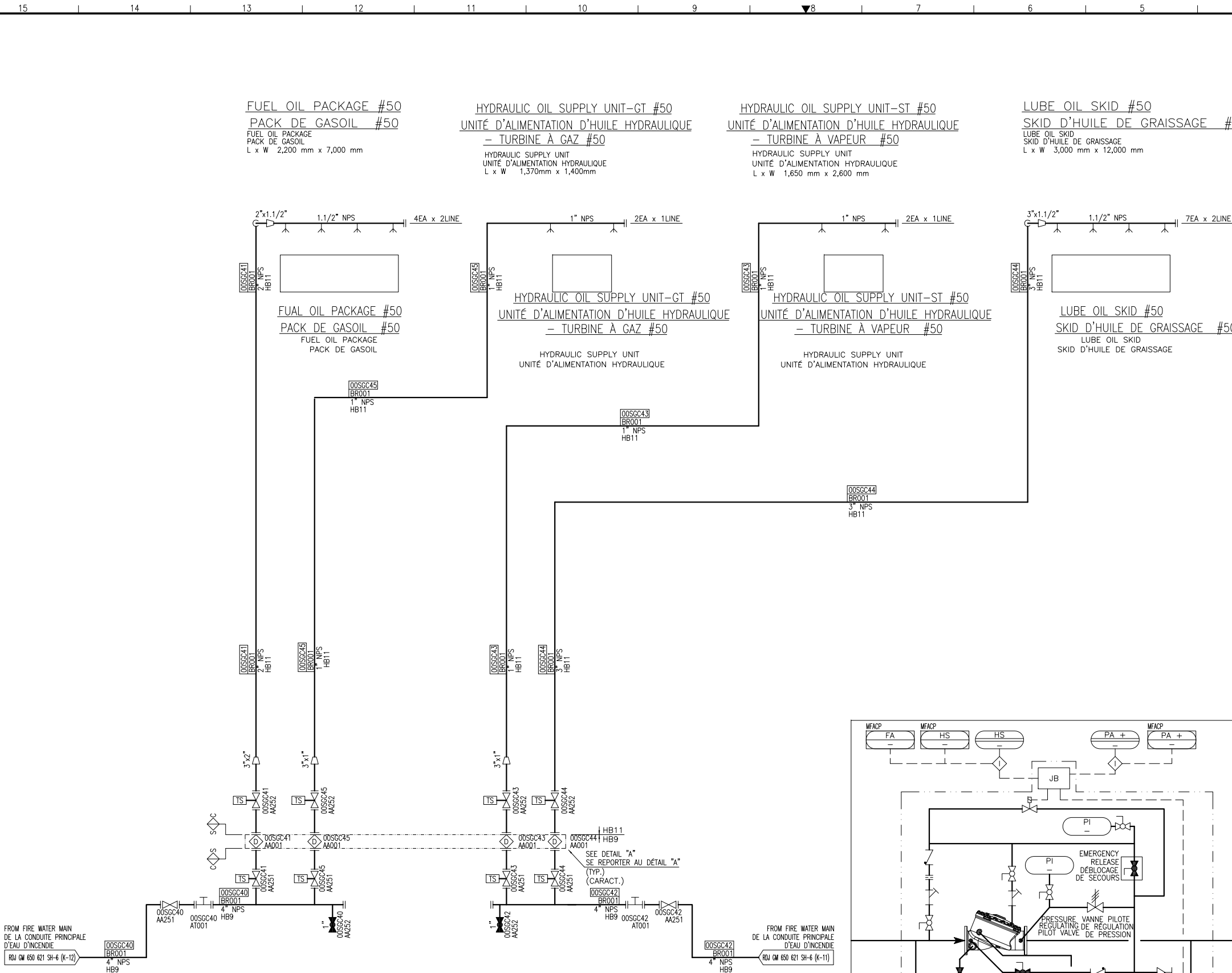
Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numérotation du Constructeur :
			RDPP-M-00SGA-13-621 (13/14)

Nome et logo Fournisseur: Numérotation du Fournisseur:

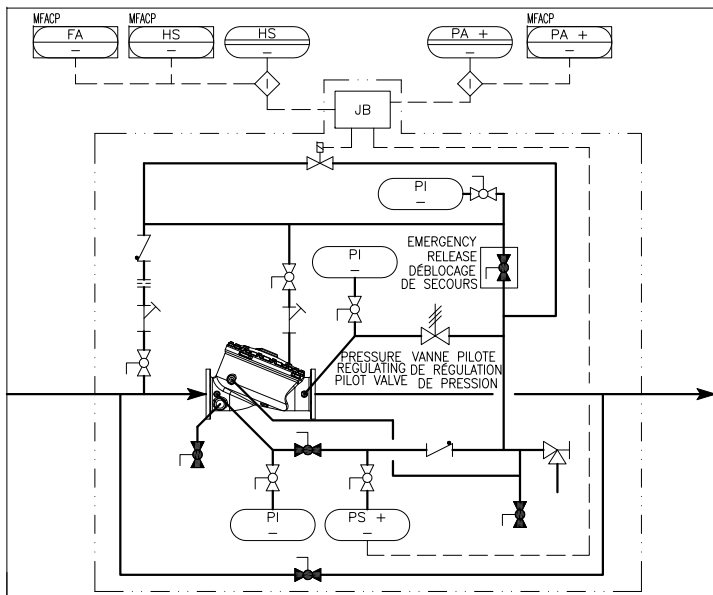
Type doc.:	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév.	Echelle	Format :	Feuille :	Suit F. :	De :
DEDB			05	SANS OBJET	A1	013	001	014

This drawing and the contents thereon are the property of DAEWOO E&C CO., LTD.
Copying, use, communication without any prior written permission are forbidden.



WATER SPRAY NOZZLE DATA
LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

DELUGE VALVE N° DE VANNE DE DELUGE	EQUIPMENT NAME (SKID NAME) NOM DE L'ÉQUIPEMENT (NOM DU SKID)	REQUIRED FLOW RATE (LPM) DÉBIT REQUIS (LPM)	WATER SPRAY NOZZLE DATA DONNÉE DE BUSE DE PULVÉRISATION D'EAU				REMARK COMMENTAIRE
			SIZE DIMENSION	SPRAY ANGLE ANGLE DE PULVÉRISATION	K-FACTOR FACTEUR-K	FLOW RATE (2 bar) DÉBIT (2 bar)	Q'TY(EA) QUANTITÉ (EA)
00SGC41 AA001	FUEL OIL PACKAGE (#50) PACK DE GASOIL (#50)	157	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	8
00SGC42 AA001	HYDRAULIC SUPPLY UNIT-ST #50 UNITÉ D'ALIMENTATION HYDRAULIQUE - TURBINE À VAPEUR #50	44	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	2
00SGC43 AA001	LUBE OIL SKID (#50) SKID D'HUILE DE GRAISSAGE (#50)	367	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	14
00SGC44 AA001	HYDRAULIC SUPPLY UNIT-GT #50 UNITÉ D'ALIMENTATION HYDRAULIQUE - TURBINE À GAZ #50	20	1/2"	120°	20.2	28.6 LPM	2



DELUGE VALVE VANNE DE DELUGE	DELUGE VALVE SIZE DIMENSION DE VANNE DE DELUGE	SOLENOID VALVE VANNE ÉLECTROVANNE	DELUGE VALVE VANNE DE DELUGE	DELUGE VALVE SIZE DIMENSION DE VANNE DE DELUGE	SOLENOID VALVE VANNE ÉLECTROVANNE	REMARKS COMMENTAIRE
00SGC41 AA001	3"	00SGC41 AA101	00SGC43 AA001	3"	00SGC43 AA101	
00SGC42 AA001	3"	00SGC42 AA101	00SGC44 AA001	3"	00SGC44 AA101	

NOTE:
REMARQUE :

1. THE VALVE STATUS SIGNALS SHALL BE MONITORED ON THE FIRE ALARM CONTROL PANEL.
1. LES SIGNAUX D'ÉTAT DE VANNE DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS SUR LE TABLEAU DE COMMANDE D'ALARME D'INCENDIE.
2. THE STATUS OF THE LOCAL CONTROL PANELS WILL BE INDICATED ON THE MAIN FIRE ALARM CONTROL PANEL.
2. LE STATUT DES PANNEAUX DE COMMANDE LOCAL SERA INDIQUÉ SUR LE TABLEAU DE COMMANDE DU SYSTÈME D'ALARME D'INCENDIE.

FIRE FIGHTING EQUIPMENT LIST

SYMBOL SYMBOLE	DESCRIPTION DESCRIPTION	SIZE DIMENSION	Q'TY QUANTITÉ	REMARK COMMENTAIRE
	DELUGE VALVE VANNE DELUGE	3"	4	

الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء
Société Algérienne de Production de l'Electricité

MANDATAIRE DESIGNÉ PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE
: COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ «CEEG.SPA»
DIRECTION DE L'ENGINEERING DES MOYENS DE PRODUCTION
IMMEUBLE 700 BUREAUX RN N° 38 GUE DE CONSTANTINE KOUBA ALGER
TEL: 021 83 84 00 • FAX: 021 83 90 17

CENTRALE TURBINE CYCLE COMBINÉ DE RAS DJINET
1131,1 MW Aux conditions site

N° Contrat : N° 15 / KDM / 2012 N° 73 / SPE / 2012	Statut de Distribution : POUR NOTIFICATION	Numerotation Client : RDJ GM 650 621
--	--	--

Espace réservée aux tampons (Revue et validation du document - si nécessaire):

Historique des Révisions :

N°	IFN	DESCRIPTION	Date	MDZ	AKC	WTC	JTW
05	IFN	POUR NOTIFICATION	17-12-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
04	IFN	POUR NOTIFICATION	15-06-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
03	IFN	POUR NOTIFICATION	24-03-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
02	IFN	POUR NOTIFICATION	08-01-15	MDZ	AKC	WTC	JTW
01	IFA	POUR APPROBATION	10-09-14	MDZ	AKC	WTC	JTW
00	IFA	POUR APPROBATION	07-01-14	SVH	TRY	WTC	JTW
Rév.	Stat.	Description de la révision	Date	Auteur	Vérifié	Contrôlé	Approuvé

Titre :
Schematic and P&ID System - Water Protection
Schéma de principe et PID du système - Protection par eau
(Fire Fighting System - Water Spray)
(système de lutte contre l'incendie - pulvérisation d'eau)

Daewoo Engineering & Construction

N° Projet :	Emetteur :	Sous-Titre :	Numerotation du Constructeur :
			RDPP-M-00SGA-13-621 (14/14)

Nome et logo Fournisseur:

Numerotation du Fournisseur:

Type doc.:	Dérivé de :	Dérivé de :	Rév.	Echelle	Format :	Feuille :	Suit F. :	De :
DEDDB			05	SANS OBJET	A1	014	001	014

A1 (594X841mm)

يتعلق هذا العمل بتصميم شبكة الحماية من الحرائق لحماية محطة توليد الطاقة براس جنات التابعة لولاية بومرداس. ترمي دراستنا الى تقدير ثم تحديد كمية الماء و الرغوة اللازمين لاصحاح اسوا حالة حريق ممكنة. استخدمنا

(Les règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures)

لتحديد تموضع الخزانات الهيدروكربونية في احواض الاحتفاظ، و حسابالحجم الفعال لمياه مكافحة الحرائق. يتم انشاء خزان الماء وفقا للمعيار

(API 650 STD)

اما حساب تجهيزات استخدام الرغوة تم وفقا للمعيار

(NFPA 11)

بالنسبة لانابيب شبكة الحريق، تم اجراء عملية الدراسات بواسطة برنامج **(AutoPIPE)** الكلمات المفتاحية : شبكة الحماية من الحرائق، خزان، رغوة، انابيب

Abstract

The present work concerns the design of a fire protection network for the power station of Cap-Djinet. Our study deals with the most unfavorable case of fire for determining the amount of water and fire-fighting foam. We used **(Les règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures)** for the installation of hydrocarbon reservoirs in the retention basins and for the calculation of the useful volume of fire-fighting water. The construction of the fire water storage tank is made according to the code **(API 650 STD)** and the calculation of the use elements of the foam according to the standard **(NFPA 11)**. For the piping of the fire network, the sizing is done by the software **(AutoPIPE)**.

Keywords : Fire network, Tank, Foam, Piping.

Résumé

Le présent travail concerne la conception d'un réseau anti-incendie pour la protection de la centrale thermique de Cap-Djinet. Notre étude traite le cas le plus défavorable d'incendie pour la détermination de la quantité d'eau et de la mousse anti-incendie. Nous avons utilisé **(Les règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures)** pour l'installation des réservoirs d'hydrocarbures dans les cuvettes de rétention et pour le calcul du volume utile d'eau anti-incendie. La réalisation du bac de stockage d'eau incendie est faite selon le code **(API 650 STD)** et le calcul des éléments d'utilisation de la mousse selon la norme **(NFPA 11)**. Pour la tuyauterie du réseau anti-incendie, le dimensionnement est fait par le logiciel **(AutoPIPE)**.

Mots clés : Réseau anti-incendie, Réservoir, Bac, Mousse, Tuyauterie.