

REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

**Faculté des Sciences et de la technologie**

**Département de Génie Civil**

# **Mémoire**

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

**FILIERE : Génie Civil**

**Spécialité : Structures**

Par

- **ZAIDI Amira**
- **ROUABEH Saida**

*Intitulé*

***Etude d'exécution d'un réservoir de capacité 5000 M<sup>3</sup>, sis à la zone industrielle Mechta Fatima, wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ.*** □

*Soutenu le : juillet 2022*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<b>BENAMMAR Abdelhafid</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>DEBOUCHA Sadek</b>	<b>MCA</b>	<b>Examineur</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>ROKBANE Abd El Madjid.</b>	<b>MAA</b>	<b>Encadreur</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>LOGZIT Nacer</b>	<b>MCB</b>	<b>Co-encad</b>	<b>Univ-BBA</b>

*Année Universitaire 2021/2022*

# Remerciement

- ✚ Toute notre gratitude et nos remerciements à Allah pour le pouvoir le plus puissant, qui nous a donné la force, le courage et la volonté de faire ce travail.
- ✚ Avec une profonde gratitude et une considération particulière, nous tenons à remercier nos encadreurs : Monsieur ROKBANE Abd El Madjid et Monsieur LOGZIT Nacer, Merci pour leur soutien, leurs conseils avisés et leur développement de ce projet.
- ✚ Par conséquent, nous remercions tous les membres du jury d'avoir accepté, lire ce manuscrit, et faire les critiques nécessaires sur ce travail.
- ✚ Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce projet fin d'études.

# Dédicace

**En premier lieu, je remercie le dieu le tout-puissant de m'avoir aidé durant toute ma vie, sans lui ce manuscrit n'aurait pas pu voir le jour. J'ai un grand plaisir de dédier ce modeste travail à :**

**A mes chères parentes pour leur encouragement, leur soutiens, et surtout leur sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études, merci mes parents.**

**A mes frères et mes sœurs pour leur soutien et leur encouragement.**

**A mon cher binôme Zaidi amira.**

**A tous mes amis(es), A toute ma famille.**

**A tous ceux que j'aime et je respecte.**

**A tous ce qui ont contribué de près ou loin à l'élaboration de ce mémoire, merci.**

***ROUABEH Saida.***

# Dédicace

**En premier lieu, je remercie le dieu le tout-puissant de m'avoir aidé durant toute ma vie, sans lui ce manuscrit n'aurait pas pu voir le jour. J'ai un grand plaisir de dédier ce modeste travail :**

**A mes chères parentes pour leur encouragement, leur soutien, et surtout leur sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études, merci mes parents.**

**A ma sœur Roua et Assinet, mon frère Baraa pour leur soutien et leur encouragement.**

**A mon binôme Rouabeh Saida**

**A toute mes amis(es) : Sahra, Manel, Imen, Oumaima, Amani , et Hiba,**

**A tous ceux que j'aime et je respecte.**

**A tous ce qui ont contribué de près ou loin à l'élaboration de ce mémoire, merci.**

***ZAIDI Amira.***

## Résumé

Le présent travail porte sur le dimensionnement d'un réservoir en béton armé d'une capacité de 5000 m<sup>3</sup>. Avant d'entamer l'étude de vérification de la résistance des différents éléments composant la structure de l'ouvrage, une étude préalable est nécessaire afin de déterminer sa capacité de stockage vis-à-vis aux besoins domestiques et industriels. Le dossier d'exécution comporte la conception, le coffrage et le ferrailage, et le devis quantitatif. Ce sujet traite donc les différentes étapes d'étude qui englobe le dossier d'exécution à fournir. A travers ce stage pratique consacré à l'étude d'un cas réel, nous avons maîtrisé les étapes et outils manuels et automatiques pour l'élaboration des dossiers d'exécution de ce genre d'ouvrages.

**Mots- clés :** Réservoir, Béton armé, Etude hydraulique, dimensionnement de GC, Dossier d'exécution.

## Abstract

The present work deals with the dimensioning of a reinforced concrete tank with a capacity of 5000 m<sup>3</sup>. Before starting the study to verify the resistance of the different elements composing the structure of the work, a preliminary study is necessary to determine its storage capacity with respect to the domestic and industrial needs. The execution file includes the design, the formwork and the reinforcement, and the quantity survey. This subject therefore deals with the different stages of the study which includes the execution file to be provided. Through this practical training devoted to the study of a real case, we mastered the steps and manual and automatic tools for the elaboration of the execution files of this kind of works.

**Key words :** Tank, Reinforced concrete, Hydraulic study, Dimensioning of GC, Execution file.

## ملخص

يتعلق هذا العمل بدراسة خزان من الخرسانة المسلحة بسعة 5000 متر مكعب. قبل البدء في دراسة التحقق من مقاومة العناصر المختلفة التي تشكل هيكل المنشأة، من الضروري إجراء دراسة أولية لتحديد سعته التخزينية فيما يتعلق بالاحتياجات المنزلية والصناعية. يحتوي ملف التنفيذ على التصميم وتحديد الأبعاد والتسليح وجدول الكميات. لذلك يتناول هذا الموضوع مراحل الدراسة المختلفة التي تشمل ملف التنفيذ الذي سيتم توفيره. من خلال هذه الدورة العملية المخصصة لدراسة حالة حقيقية، تمكننا من إتقان الخطوات والأدوات اليدوية والآلية لدراسة ملفات تنفيذ هذا النوع من العمل.

**الكلمات المفتاحية:** خزان، خرسانة مسلحة، دراسة هيدروليكية دراسة الهندسة المدنية، ملف تنفيذ.

## Liste des figures

Figure 1- Réservoirs d'eau (8) .....	4
Figure 2- châteaux d'eau, DALAS, BBA. ....	5
Figure 3- position du réservoir par rapport au sol. (2).....	6
Figure 4- mode de couverture du réservoir ( couvert ) (2) .....	6
Figure 5- mode de couverture du réservoir (non couvert). (2) .....	7
Figure 6- différentes parties d'un réservoir. (2) .....	7
Figure 7- cas du radier nervuré.....	8
Figure 8- cas d'un réservoir de grand diamètre. ....	8
Figure 9- position des poteaux. ....	8
Figure 10- cas d'un réservoir à paroi avec contreforts.....	8
Figure 11- les châteaux d'eau. ....	9
Figure 12- les différentes formes de couverture .....	9
Figure 13- les différentes formes des parois.....	10
Figure 14- les différentes formes des ceintures. ....	10
Figure 15- trop-plein et vidange d'un réservoir. ....	16
Figure 16- by-pass d'un réservoir. ....	17
Figure 17- équipement d'un réservoir. (1) .....	18
Figure 18- La pression hydrostatique sur la paroi d'un réservoir d'eau. (2) .....	19
Figure 19- Abaque de détermination de K. (2).....	20
Figure 20- Abaque de détermination de K0. (2).....	21
Figure 21- Abaque de détermination de K1. (2).....	22
Figure 22- Abaque de détermination de K'. (2).....	23
Figure 23- Abaque de détermination de K2. (2).....	24
Figure 24- Abaque de détermination de K". (2) .....	25
Figure 25- coupole incomplète (avec lanterneau). ....	28
Figure 26- ceinture haute de la coupole.....	29
Figure 27- ceinture base de coupole. (2) .....	29
Figure 28- la sous pression du radier. (2) .....	31
Figure 29- radier nervuré. (2) .....	31
Figure 30- Algérie (10).....	31
Figure 31- wilayas limitrophes de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. (10) .....	31
Figure 32- La zone industrielle mechta fatima. ....	32
Figure 33- histogramme de la ville Bordj Bou Arreridj.....	33
Figure 34- ferrailage du paroi d'un réservoir. ....	49
Figure 35- schéma du ferrailage du radier. (6).....	53
Figure 36- extrait de la vue en plan radier.....	54
Figure 37- extrait de la vue 3D extérieur.....	54
Figure 38- extrait de la vue 3D intérieur .....	55
Figure 39- répartition de la charge hydrostatique sur la paroi.....	56
Figure 40- maillage de la structure. ....	57

## Liste des tableaux

Tableau 1- Nombre d'habitants du centre-ville Bordj Bou Arreridj.....	32
Tableau 2- détermination de la capacité d'un réservoir. ....	37
Tableau 3-tableau de charge. ....	55
Tableau 4- de combinaison de charge. ....	56
Tableau 5- devis quantitatif du réservoir. ....	59

## Table des matières

### **Partie 1 : Section Bibliographie**

#### Chapitre 1 : Informations générales sur les réservoirs.

1. Rappel sur les réservoirs.....	3
1.1. Introduction :.....	3
1.2. Définition d'un réservoir : .....	3
1.3. Les types des réservoirs : .....	4
1.3.1. Réservoir souterrain :.....	4
1.3.2. Réservoir surélevé ou aériens (le château d'eau) : (1).....	4
1.4. Classification des réservoirs : (9).....	5
1.4.1. Selon la forme géométrique :.....	5
1.4.2. Selon l'utilisation : .....	5
1.4.3. La position des réservoirs par apport au sol : (2) .....	6
1.4.4. Selon le mode de couverture : .....	6
1.5. BASE DE LA CONCEPTION DES RÉSERVOIRS D'EAU EN BÉTON.....	7
1.6. La constitution générale des réservoirs : (7).....	7
1.6.1. Réservoirs circulaire posés sur le sol :.....	7
1.6.2. Réservoirs sur pylônes (châteaux d'eau) : .....	8
1.7. Les effets à prendre en compte : (5).....	10
1.8. Emplacement des réservoirs et types d'alimentations :.....	11
1.9. Equipements du réservoir : (1).....	14

#### Chapitre 2 : Méthode de calcul.

2. Méthode de calcul :.....	18
2.1.CALCUL DE LA SOLLICITATION (M, N, T) de la paroi :19	
2.2.1. METHODE HANGAN-SOARES : (2) 19	
2.2.Les coupoles :26	
2.3.1. Détermination des efforts dans la coupole :26	
2.3. La ceinture : (2)28	
2.4.1. Les ceinture selon leur position.....	28
2.4. Les radiers.....	30
2.4.1. Introduction.....	30
2.5.2. Méthode de calcul.....	30

## **Partie 2 : Partie hydraulique**

### Chapitre 1 : Présentation du site.

1.1. INTRODUCTION .....	31
1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	31
1.3. SITUATION DEMOGRAPHIQUE : (10).....	31
1.4. APERÇU LA ZONE INDUSTRIELLE MECHTA FATIMA (10).....	33

### Chapitre 2 : Estimation des besoins en eau

2. Besoins quantitatifs en eau.....	34
3. Capacité du réservoir.....	35
3.1. Généralités.....	35
3.2. Principe de calcul de la capacité : (1).....	36
3.3. Estimation de débit d'industrie actuel.....	36
3.4. Estimation de débit d'industrie de future.....	36
3.5. Calcul de la capacité de réservoir.....	36

## **Partie 3 : Section Génie Civil**

### Chapitre 1 : Dimensionnement des éléments du réservoir.

1. Dimensionnement des éléments résistants du réservoir.....	40
1.1. Introduction.....	40



1.2. Pré dimensionnement.....	40
1.3. ETUDE ET FERRAILLAGE DE LA COUPOLE.....	40
1.3.1. Calcul de la coupole.....	40
1.3.2. Calcul l'effort normal.....	42
1.3.3. Ferrailage de la coupole.....	42
1.4. Etude de la ceinture.....	44
1.4.1. La Poussé horizontale.....	44
1.4.2. L'effort de traction dans la ceinture T.....	44
1.4.3. Ferrailage de la ceinture.....	44
1.4.4. Vérification de la section.....	45
1.5. Les parois (voile circulaire du réservoir) .....	45
1.5.1. Calcul la pression de liquide.....	45
1.5.2. Les effort de traction dans chaque bande.....	46
1.5.3. Ferrailage de la paroi.....	47
1.5.4. Armature de barres montantes.....	47
1.6. Calcul de radier.....	49
1.6.1. Calcul des moments de flexion.....	50
1.6.2. Ferrailage du radier.....	51
1. Calcul automatique avec robot 2014.....	53
1.1. Introduction.....	53
1.2. Les données.....	53
1.2.1. Géométrie.....	53
1.2.2. Charges et combinaisons.....	54

## Chapitre 2 : Devis quantitatif.

II.2. Définition d'un devis quantitatif.....	57
II.3. Devis quantitatif détaillé.....	57
Conclusions générales.....	60

# Introduction générale

## **Introduction générale**

Les réservoirs ont été utilisés à différentes fins depuis l'Antiquité, même à l'époque des Égyptiens. Domaines et différentes géométries. Le réservoir d'eau potable est un élément de fonctionnement du système d'eau potable et de distribution. Son rôle a considérablement évolué au fil du temps, d'abord en tant que réservoir l'eau, une borne de recharge pour assurer la pression sur les riverains, il assure un raccordement Hydraulique entre structures. Les réservoirs peuvent être simples ou complexes carrés, rectangulaires ou cylindrique, composés de plusieurs cellules ou de simples formes. Selon les cas, ils peuvent être en maçonnerie ou en acier pour les petits volumes ; en Béton armé de grande capacité. Dans notre étude de cas, nous avons choisi un réservoir de stockage d'une capacité de 5000 m<sup>3</sup>, nous avons choisi de suivre le plan de travail suivant :

### **Partie 1 : Section Bibliographie**

- ✚ Chapitre 1 : Informations générales sur les réservoirs.
- ✚ Chapitre 2 : Méthode de calcul.

### **Partie 2 : Partie hydraulique**

- ✚ Chapitre 1 : Présentation du site.
- ✚ Chapitre 2 : Estimation des besoins en eau.

### **Partie 3 : Section Génie Civil**

- ✚ Chapitre 1 : dimensionnement des éléments du réservoir.
- ✚ Chapitre 2 : Devis quantitatif.

Enfin, nous terminons la présente étude par une conclusion générale qui résume les principaux points à tirer à travers ce projet.

**Partie 01 :  
Recherche  
bibliographique.**

## Chapitre 01 : Informations générales sur les réservoirs.

### 1. Rappel sur les réservoirs

#### 1.1. Introduction :

L'eau potable est stockée dans des « réservoirs sur tour », plus communément appelés châteaux d'eaux, ou dans des réservoirs enterrés si la commune dispose d'une zone à topographie élevée.

Le réservoir d'eau en béton armé est construit pour stocker l'eau, est un système traditionnel de stockage de l'eau construit à partir d'un matériau solide et durable, à savoir le béton.

Les réservoirs peuvent être fabriqués sous différentes formes géométriques simples ou complexes avec les formes circulaires, rectangulaires et carrées, les formes cylindriques étant les plus utilisées. Ils peuvent être fabriqués selon le cas et la capacité, en béton armé pour la grande capacité ou en acier pour de petites capacités.

Donc à quoi sert un réservoir exactement ?

Et quelle est la différence avec un château d'eau ?

Quelles sont les caractéristiques principales d'un réservoir ? Comme les types, la capacité, L'emplacement et les rôles de ce dernier ?

Dans ce chapitre-là on vas répondre à toutes ces questions.

#### 1.2. Définition d'un réservoir :

On appelle réservoir une capacité destinée à contenir un liquide ; l'eau pour notre cas (ouvrage hydraulique). Un réservoir d'eau en béton est un système traditionnel permet d'écarter la demande d'eau ce qui est contribué à réduire la capacité des ouvrages de captage, des usines de traitement, des stations de pompage et des conduites d'adduction.

Ils peuvent être réalisés selon le cas, la forme, l'emplacement, en maçonnerie ou en acier pour de petites Capacités ; et en béton armé de grande capacité, mais de nos jours, la plupart des réservoirs sont réalisés en béton armé ou en Béton précontraint.



Figure 1- réservoirs d'eau (8)

### **1.3. Les types des réservoirs :**

En fonction de leur (1) position par rapport au sol, il existe deux différents types de réservoirs, en va les présenter :

#### **1.3.1. Réservoir souterrain :**

Les réservoirs d'eau souterrains sont utilisés pour le stockage souterrain de l'eau. Il s'agit d'une structure de stocker l'eau construite sous le sol, Ils sont généralement construits en béton armé, sous forme de configurations rectangulaires ou circulaires.

Ils doivent être posés dans la zone la plus élevée, pour faciliter le pompage d'eau. La conception et les principes des réservoirs souterrains sont les mêmes que pour les réservoirs reposant sur le sol.

#### **1.3.2. Réservoir surélevé ou aérien (le château d'eau) : (1)**

Parmi les types des réservoirs le château d'eau, c'est une construction de type tour, supporté par des piliers et s'utilise dans les mêmes conditions qu'un réservoir cylindrique, sauf que la hauteur requise pour assurer une pression adéquate. Il stocke une grosse quantité d'eau provenant des stations d'épuration avant de la redistribuer vers les utilisateurs que nous sommes. Son aspect extérieur doit s'adapter au paysage et demande une architecture appropriée au site pour ne pas détruire l'environnement. La hauteur d'eau dans ces réservoirs est comprise entre 3 et 6 m et rarement 10 m pour les grandes villes.



Figure 2- châteaux d'eau, DALAS, BBA.

#### **1.4. Classification des réservoirs : (9)**

Les réservoirs peuvent être classés de différentes façons :

##### **1.4.1. Selon la forme géométrique :**

- Réservoir rectangulaire.
- Réservoir circulaire.
- Réservoir de forme quelconque.

##### **1.4.2. Selon l'utilisation :**

- Réservoir d'eau potable.
- Réservoir à produit noir (goudron-bitume).
- Réservoir utilisé pour les eaux usées.

- Piscines enterrées.

### **1.4.3. La position des réservoirs par rapport au sol : (2)**

- Au niveau du sol (peu enterré).
- Sur poteaux (légèrement surélevé).
- Sur pylône (château d'eau).
- Sur bâtiment.

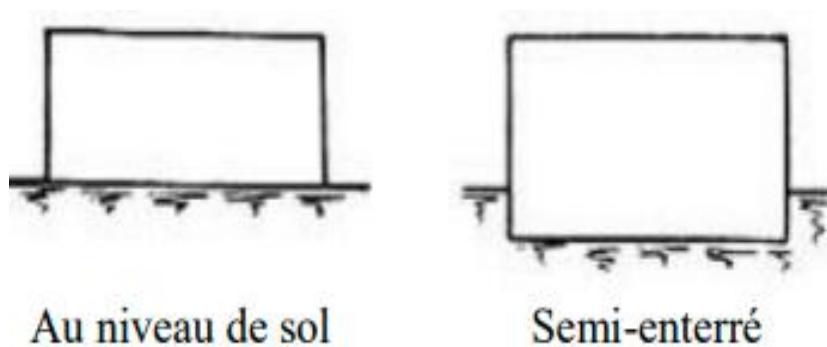


Figure 3- Position du réservoir par rapport au sol. (2)

### **1.4.4. Selon le mode de couverture :**

- - Réservoir non couvert.
- - Réservoir couvert.

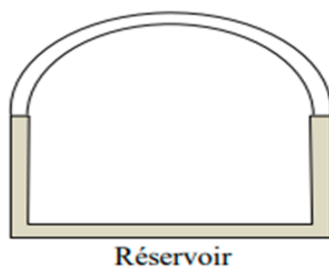


Figure 4-mode de couverture du réservoir ( couvert ) (2)



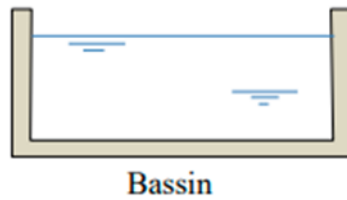


Figure 5- Mode de couverture du réservoir (non couvert). (2)

### **1.5. BASE DE LA CONCEPTION DES RÉSERVOIRS D'EAU EN BÉTON**

Il y a des considérations (2) essentielles pour la conception des réservoirs est que la structure doit assurer les fonctions suivantes :

- **Résistance** : le réservoir doit résister dans toutes ses parties aux efforts auxquels est soumis.
- **Étanchéité** : le réservoir doit être étanche c'est-à-dire éliminer toutes les fissures pour éviter toute fuite d'eau qui peut engendrer des effets néfastes sur l'ouvrage. Donc il doit être non fissuré ou fissuré dans la condition acceptable.
- **Durabilité** : le matériau de construction (béton armé) doit conserver ses propriétés (résistance à la compression, à la traction), après un contact prolongé avec le liquide qu'il est destiné à contenir, parce qu'il est conçu à long terme.

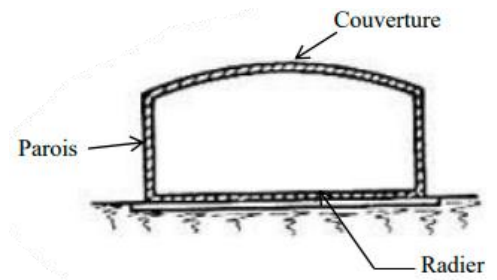


Figure 6-Différentes parties d'un réservoir. (2)

### **1.6. La constitution générale des réservoirs : (7)**

#### **1.6.1. Réservoirs circulaires posés sur le sol :**

- Un radier plein.
- Des parois en BA.
- Une couverture.
- Le radier peut être nervuré



Figure 7- Cas du radier nervuré.

En cas d'un réservoir de grande dimension ( $D > 30$  m) ; on ajoute des poteaux pour soutenir la couverture

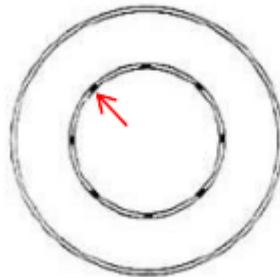


Figure 8- Cas d'un réservoir de grand diamètre.



Figure 9- Position des poteaux.

Pour renforcer les parois (cas de très grand réservoir), on ajoute des contreforts

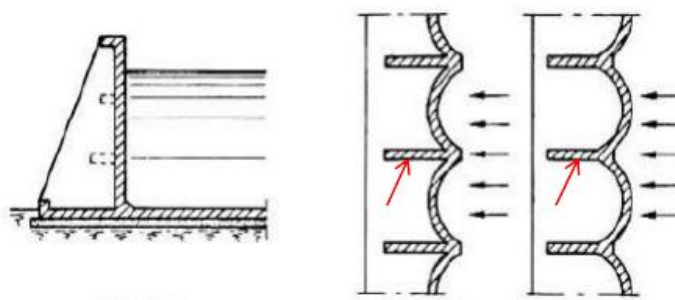


Figure 10- Cas d'un réservoir à paroi avec contreforts.

### 1.6.2. Réservoirs sur pylônes (châteaux d'eau) :

Le château d'eau comporte trois éléments :

- La cuve.
- Les pylônes.
- Les fondations.

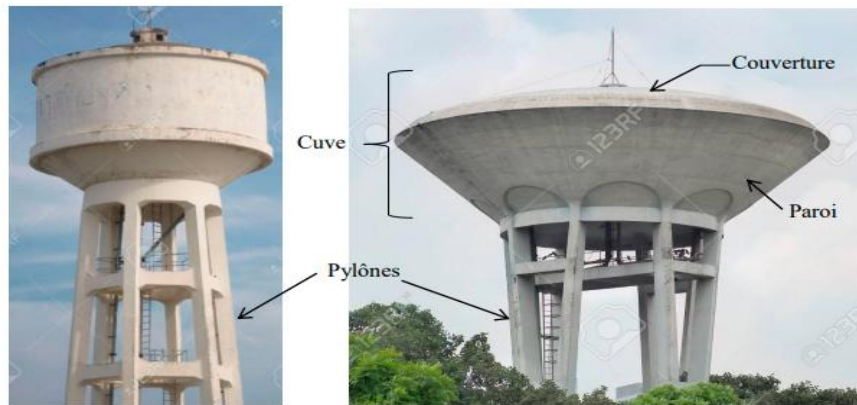


Figure 11- Les châteaux d'eau.

**a) La cuve :** elle comporte : la couverture, les parois et le fond

La couverture peut être constituée par :

- Un cône
- Un cône et une coupole
- Une dalle plate
- Une coupole sphérique ou parabolique



Figure 12- Les différentes formes de couverture

**b) Les parois :** les parois peuvent prendre plusieurs formes :

- Cylindrique.

- Conique.
- Tronconique.
- Hyperbolique.

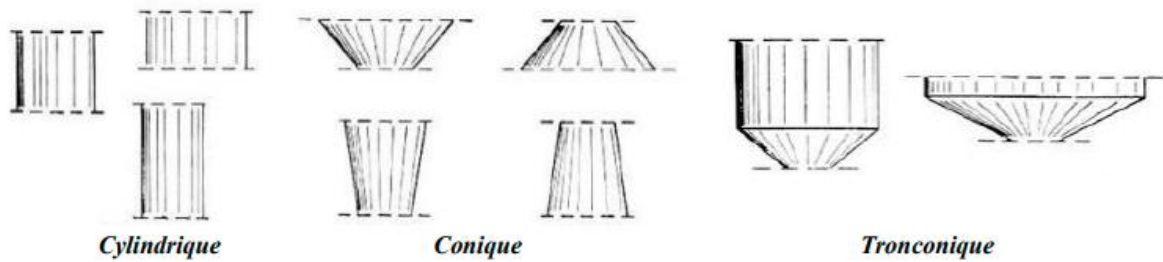


Figure 13- Les différentes formes des parois.

A la jonction couverture paroi, on dispose une ceinture circulaire

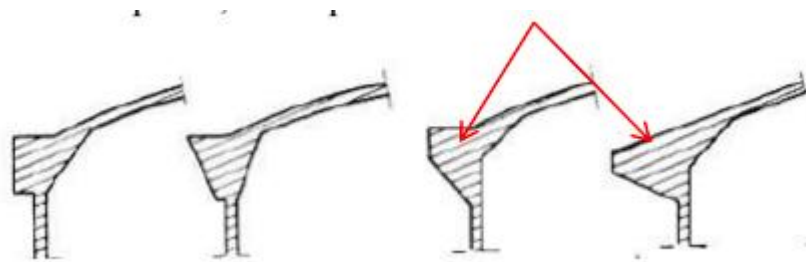


Figure 14- Les différentes formes des ceintures.

**c) Le fond :** est constitué d'une dalle pleine en BA de forme plane ou coupole.

**d) Les pylônes :** c'est le support de la cuve, et qui peut prendre deux formes ; pylône

Sur poteaux ou pylône sur tour.

- ✓ **Pylônes sur poteaux :** leur nombre est de 4 à 8, ils peuvent être verticaux ou inclinés.
- ✓ **Pylônes sur tour :** ils peuvent être constitués d'un simple voile mince d'épaisseur

Constante ou variable, ou un voile mince mené des nervures verticales.

### 1.7. Les effets à prendre en compte : (5)

Pour l'étude d'un réservoir les effets à prendre en compte sont de natures différentes :

- ✓ Poids propre de réservoir et de ses ouvrages annexes.
- ✓ Charge due au liquide contenu.

- ✓ Surcharges diverses d'exploitation.
- ✓ Influence du retrait.
- ✓ Variations de température.
- ✓ Effets climatiques : neige et vent, et effets de séisme.

## **1.8. Emplacement des réservoirs et types d'alimentations :**

### **1.8.1. Implantation en plaine :**

Lorsque l'agglomération à desservir est implantée en plaine, la localisation du réservoir (1) est très libre. Celui-ci doit d'ailleurs nécessairement être surélevé, ce qui influe sur son mode de construction.

#### **a).Alimentation permanente :**

Si l'alimentation du réservoir est effectuée en jour (soit par gravité depuis un relief éloigné, soit par pompage permanent) on a intérêt à placer le réservoir le plus près possible des utilisateurs. En effet, on diminue ainsi la longueur des canalisations qui doivent transiter le débit de pointe, lequel occasionne à section égale des pertes de charge dix fois supérieures au débit moyen.

#### **b).Alimentation nocturne :**

Si l'alimentation est effectuée par pompage nocturne seulement (8 heures par nuit) les débits servant de base au calcul des pertes de charge sont du même ordre de grandeur ; néanmoins en plaçant le réservoir à proximité des consommateurs, on diminue sa hauteur. Dans le même esprit, si l'agglomération est étendue (urbanisation le long d'une voie principale par exemple) on a intérêt toujours pour diminuer la hauteur du réservoir, à la situer vers le milieu de l'agglomération .si des considérations d'esthétique s'opposent à ce choix, on peut alors utilement, dès que l'importance de l'agglomération, et donc la capacité du réservoir, le justifient, disposer deux réservoir de capacité Sensiblement égales, aux extrémités de l'agglomération.

#### **c).Réservoir d'équilibre :**

On peut également disposer un réservoir principal et un ou plusieurs réservoirs de quartiers, moins importants, qui ont pour but de faciliter la distribution pendant les périodes de pointe, et sont appelés réservoirs d'équilibre. [1]

Comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, les mêmes considérations d'esthétique peuvent conduire à rechercher une solution exempte de réservoir.il convient alors bien

entendu d'assurer un pompage suffisant en toutes circonstances, y compris en cas d'incendie, même si une pompe est défaillante ou si l'alimentation en énergie électrique vient à manquer.

### **1.8.2. Implantation en terrain accidenté :**

#### **a). Implantation du réservoir :**

Lorsque l'agglomération est située en terrain accidenté, on dispose très généralement dans son voisinage immédiat de sites dont la cote excède celle des maisons les plus hautes d'une valeur suffisante (10 à 20 mètres) pour assurer leur alimentation correcte par simple gravité ; il

est alors inexcusable de construire un réservoir surélevé. Le souci d'esthétique devrait alors conduire le plus souvent à la construction d'un réservoir souterrain ; l'économie pousse malheureusement à réaliser un réservoir semi-enterré, pour lequel les frais de terrassement sont moins onéreux, et dont la couverture peut être plus légère.

Le choix du site du réservoir doit alors en général obéir à la règle simple suivante : trouver à la cote minimale d'implantation (assurant une desserte satisfaisante des maisons les plus hautes) le point le plus proche de l'agglomération, compte tenu bien entendu des possibilités de fondations sur le terrain [1]

#### **b). Alimentation étagée :**

Il peut arriver que les différences de cotes d'implantation entre les maisons à desservir soient telles que les plus basses aient une charge d'alimentation trop élevée (on recommande de ne pas dépasser usuellement 40 mètres ; 60 mètres semblent représenter un maximum à ne jamais dépasser, compte tenu de ce que certains équipements ménagers ne peuvent en aucun cas supporter une charge supérieure à 70 mètres). Il est alors nécessaire de disposer. À une cote intermédiaire, un réservoir destiné à briser la charge. Si l'adduction est unique. Ce réservoir sera alimenté par une conduite en provenance du réservoir supérieur et terminé à son extrémité inférieure par un robinet à flotteur. Si ce conduit est de section suffisante, le réservoir d'incendie peut alors n'être constitué que dans le réservoir supérieur.

### **1.9. Construction des réservoirs (les matériaux employés dans la construction des réservoirs) :**

#### **1.9.1. Généralités :**

Les réservoirs [9] doivent impérativement maintenir l'eau à l'abri des risques de contamination, et, autant que possible, des fortes variations de température.

#### **1.9.2. Formes et proportions des réservoirs :**

**a). Hauteur d'eau dans les réservoirs :**

La hauteur 'eau utile est limitée le plus souvent entre 3 et 6 mètres ; l'optimum, pour les agglomérations d'importance petite ou moyenne, se situe le plus souvent vers 4 à 5 mètres. Pour les réservoirs de grande capacité (villes importantes) la hauteur d'eau peut atteindre 7 à 10 mètres.

**b). Forme des réservoirs :**

La section en plan des réservoirs est le plus souvent circulaire (impérativement pour les redans certains cas il peut être intéressant de partager la capacité entre deux demi-réservoirs. Ce qui permet d'assurer encore la distribution pendant le nettoyage. On peut alors construire une cloison intermédiaire, soit au milieu d'un réservoir rectangulaire, soit entre deux réservoirs circulaires accolés par une corde commune : pour les réservoirs surélevés, on peut même utiliser une séparation concentrique.

**1.9.3. Matériaux et types de construction des réservoirs :**

**a). Type de construction :**

Les réservoirs [9] peuvent être soit enterrés, soit semi-enterrés, soit surélevés (sur tour) ; le premier type est beaucoup plus satisfaisant du point de vue esthétique. Le deuxième est le plus économique. Les réservoirs surélevés sont le seul mode de construction possible en plaine ; mais ce sont en revanche les plus inesthétiques.

**b). Matériaux :**

Les matériaux utilisés pour la construction des réservoirs sont soit le métal. Rivé ou soudé (principalement pour les réservoirs industriels).

La maçonnerie avec enduit intérieur de ciment étanche, et maintenant surtout le béton armé, précontraint ou non, également enduit. Les réservoirs surélevés sont en béton ou parfois (industrie) en acier soudé.

**c) Détails constructifs :**

**c.1 Joints d'étanchéité :**

Les réservoirs en maçonnerie ou en béton nécessitent des joints de retrait et de dilatation ; les joints doivent bien entendu être munis d'étanchéités, ainsi qu'éventuellement les passages de poteaux à travers le cadre. Ces étanchéités sont réalisées soit par des bandes de caoutchouc dont le bord (plus épais) est pris dans le ciment, soit par des produits plastiques spéciaux ne donnant pas de goût à l'eau. [1]

**c.2 Isolation thermique :**

Pour les réservoirs enterrés, l'isolation naturelle est généralement suffisante, compte tenu du renouvellement rapide (quotidien) de l'eau. En revanche, le couvercle des réservoirs surélevés ou semi-enterrés peut recevoir de façon intense le rayonnement solaire, direct ou recouvrant d'une couche de gravillons, car l'air dont ils empêchent le mouvement constitue un bon isolant thermique. Les parois latérales des réservoirs surélevés peuvent utilement être (réservoirs surélevés) et parfois rectangulaire.

Isolées en montant. Parallèlement à la paroi, un rang de briques qui retient ainsi une couche d'air isolante.

### **1.9. Equipements du réservoir : (1)**

Chacun des compartiments d'un réservoir doit être muni d'une conduite d'alimentation, d'une conduite de distribution, d'une conduite de vidange et enfin, d'une conduite de trop-plein. Les dispositions spéciales qui peuvent être prises pour constituer la réserve incendie ne modifient en rien ces principes ; ce ne sont que des aménagements de détail.

A noter que les traversées des parois des réservoirs par les diverses canalisations s'effectuent à l'aide des gaines étanches.

#### **➤ Conduite d'arrivée-Robinet flotteur : (1)**

L'adduction s'effectue soit par surverse, soit en chute libre, soit en prolongeant la conduite de façon que son extrémité soit toujours noyée. L'adduction peut aussi s'effectuer par passage à travers le radier.

L'arrivée en chute libre provoque une oxygénation de l'eau, ce qui peut être favorable pour des eaux souterraines, ordinairement pauvres en oxygène dissous.

Techniquement, l'arrivée par surverse permet d'avoir, pour l'arrivée de l'eau, une altitude constante définie par le niveau supérieur N de la crosse d'arrivée.

En adduction par refoulement, les pompes travaillent ainsi sous hauteur constante et le débit est également constant, puisque Q et H sont liés. Cette disposition est d'autant plus sensible que la hauteur d'élévation est faible. En adduction gravitaire, le débit peut aussi rester constant si la cote de départ reste fixe.



L'arrivée en chute libre, par l'aération qu'elle produit, peut, pour certaines eaux, détruire l'équilibre carbonique qui s'était établi au sein du liquide et précipiter le calcium, d'où entartrage. Dans ce cas, l'arrivée noyée trouve sa justification. Elle présente toutefois un inconvénient : en cas d'accident sur la conduite de refoulement, le réservoir se vide par siphonage. Il peut y être remédié en disposant un clapet sur l'arrivée au réservoir.

L'arrivée par sur verse peut, également, s'effectuer par un simple tuyau vertical, supprimant ainsi le coude du sommet. C'est la disposition que l'on adopterait dans le cas d'un réservoir important formé de plusieurs compartiments juxtaposés ; on a ainsi une arrivée dite en pipe. L'eau pénètre alors dans une bêche d'arrivée centrale de distribution peu profonde et la répartition entre les compartiments à lieu soit par déversoir pour les compartiments contigus à la bêche, soit par conduite pour les plus éloignés.

Certains techniciens préconisent une adduction par le fond du réservoir ; il en résulte une petite économie sur les frais d'exploitation dans le cas d'une adduction par refoulement, la hauteur d'élévation de la pompe étant fonction du niveau du plan d'eau dans la cuve. Celle-ci, par contre, n'est plus alimentée avec un débit constant.

➤ **Conduite d'adduction** : (1)

La conduite d'adduction, à son débouche dans le réservoir, doit pouvoir s'obstruer quand l'eau atteint, dans la cuve, son niveau maximal : obturation par robinet-flotteur si l'adduction est gravitaire ou dispositif permettant l'arrêt du moteur de la pompe si l'adduction se fait par refoulement tel que (robinet flotteur + Pressostat) ou ligne pilote.

Ces robinets à flotteurs doivent être d'un type anti-bélier ; les soupapes et leurs parties sont en bronze ou en métal inoxydable.

Dans les installations importantes, les robinets-flotteurs normalisés présentant des diamètres insuffisants ( $D_{max}=0.3m$ ), il est prévu des vannes motorisées électriques en liaison avec le niveau de l'eau dans la cuve.

➤ **Conduite de distribution** : (1)

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.15 ou 0.20 m au-dessus du radier en vue d'éviter d'introduire dans la distribution des boues ou des sables qui, éventuellement, pourraient se décanter dans la cuve.

La conduite de distribution doit être munie à son origine d'une crépine. Dans le cas d'une distribution par gravité, une crépine simple est utilisée ; dans le cas d'une aspiration, il faut prévoir un clapet au pied de la crépine.

➤ **Trop-plein** : (1)

Cette conduite doit pouvoir évacuer le surplus d'eau d'arrivée en cas de remplissage total du réservoir (cas de non fermeture du robinet flotteur). Elle comprendra un déversoir situé à une hauteur  $h$  au-dessous du niveau maximal susceptible d'être atteint dans la cuve.

La canalisation de trop-plein débouchera à un exutoire voisin. Pour éviter une pollution ou une introduction d'animaux ou de moustiques qui pourraient pénétrer dans le réservoir, un clapet doit être ménagé dans la canalisation.

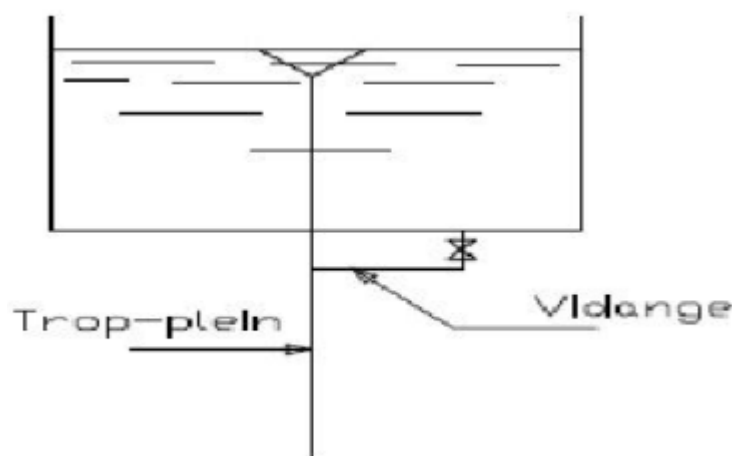


Figure 15- Trop-plein et vidange d'un réservoir.

➤ **Vidange** : (1)

Elle part du point bas du réservoir (point le plus bas du radier, sa crépine est située dans la souille du réservoir), afin de pouvoir évacuer les dépôts. Elle peut se raccorder sur la canalisation de trop-plein, et comporte un robinet-vanne. A cet effet, le radier est réglé en pente vers l'orifice de la conduite, ce dernier étant obturé à l'aide, soit d'une soupape de vidange, soit d'une bonde de fond.

La soupape de vidange, incongelable, est destinée à assurer la vidange des réservoirs dont le fond est accessible.

La bonde de fond est destinée à assurer la vidange des réservoirs dont le fond est inaccessible. Elle permet la vidange totale du réservoir en cas de besoin de nettoyage de la cuve ou d'intervention.

➤ **By-pass entre adduction et distribution :** (1)

En cas d'indisponibilité (nettoyage ou réparation du réservoir), il est bon de prévoir une communication entre ces deux conduites.



Figure 16- By-pass d'un réservoir.

➤ **Comptage :**

A la sortie de la conduite de distribution, un compteur doit être ménagé pour pouvoir effectuer des relevés périodiques de la consommation totale.

➤ **Robinets-vannes :**

Dans chaque canalisation (arrivée, départ, vidange...) un robinet-vanne doit être prévu pour pouvoir effectuer le sectionnement de chacune de ces conduites en cas de besoin.

➤ **Tuyauterie :**

Pour la protection de la tuyauterie contre la corrosion, celle-ci doit être galvanisée.

➤ **Tampon de visite :**

Il permet de visiter périodiquement l'ouvrage.

➤ **La chambre des vannes :**

Rares sont les réservoirs au sol qui ne comportent pas un petit local accolé, la chambre des vannes, dans lequel se feront les pénétrations des diverses canalisations- refoulement, distribution, trop-plein, vidange- dans la cuve (ce qui permet d'ailleurs de surveiller l'étanchéité à ce niveau), à partir duquel on accèdera à la cuve elle-même, tout accès direct par le dessus, par exemple, étant ainsi éliminé. On peut y faire des prélèvements d'eau dans de bonnes conditions sanitaires, y installer un dispositif de comptage ou de chloration.

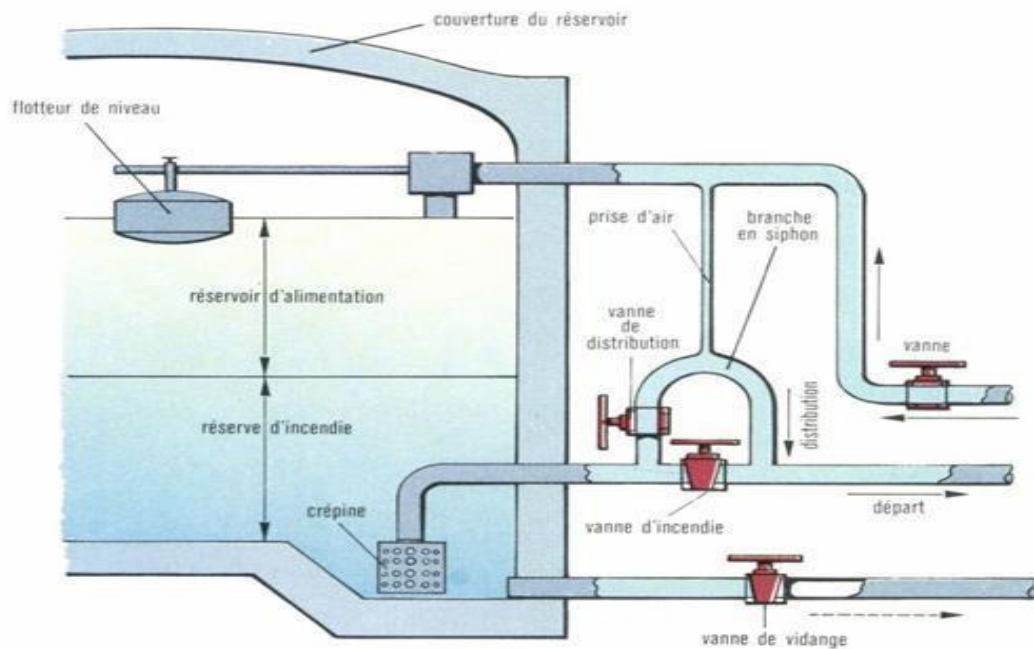


Figure 17-Equipement d'un réservoir. (1)

## Chapitre 2 : Méthode de calcul.

### 2. **Méthode de calcul :**

#### **Généralité :**

Les réservoirs, étant destinés à contenir des liquides, doivent présenter une étanchéité absolue ; aussi, en général, on utilise pour leur exécution un béton au dosage de 350 à 400

$\text{kg}/\text{m}^3$  et on limite à des valeurs assez faibles, de l'ordre de  $1000 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , les contraintes admissibles des aciers ; en outre on dispose souvent à l'intérieur un enduit.

Les réservoirs peuvent être surélevés, posés sur le sol ou enterrés. La seule différence entre le dernier cas et les deux premiers, est qu'alors il faut tenir compte de la poussée des terres et vérifier que lorsque le réservoir est vide, il peut résister à cette poussée. Lorsque le réservoir est plein, on peut, par mesure de sécurité, négliger la poussée des terres qui agit en sens inverse de celle de l'eau ; si l'on tient compte de cette poussée des terres, il faudra alors être très prudent dans son estimation, afin de ne pas déduire, dans les calculs, une force supérieure à celle qui agit réellement.

La méthode de calcul des sollicitations agissant sur la paroi d'un réservoir circulaire et l'influence de la classe d'étanchéité sur la section unitaire des cerces.

## **2.1. CALCUL DE LA SOLLICITATION (M, N, T) de la paroi :**

### **2.2.1. METHODE HANGAN-SOARES : (2)**

C'est le cas auquel se rapporte la résolution qui suit et qui admet le radier est appliqué sur une fondation rigide.

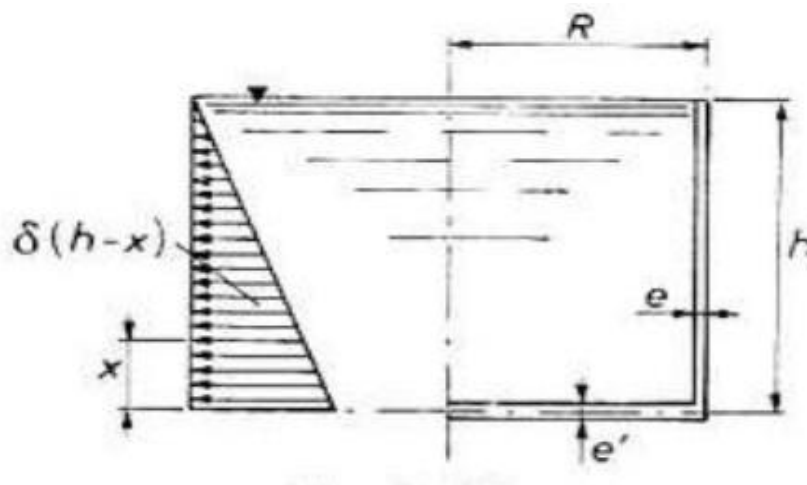


Figure 18-La pression hydrostatique sur la paroi d'un réservoir d'eau. (2)

Les formules de calcul des sollicitations sont données comme suit :

- $N_{\varphi} = \delta R(H - X) - \delta R h e - \beta x - 2M_0 R \beta^2 e^{-\beta x} \sin \beta x$  ‘
- $M = \frac{\delta h}{2\beta^2} e^{-\beta x} \sin \beta x + M_0 e^{-\beta x} \cos \beta x$

$$\text{➤ } T = -\frac{\delta h}{2\beta} e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x)$$

D'où :

- ✓  $M_0$  = moment à l'encastrement inférieur
- ✓  $\delta$ : poids volumique de l'eau
- ✓  $R$ : rayon intérieur du réservoir
- ✓  $H$  : hauteur d'eau
- ✓  $e$  : épaisseur de la paroi
- ✓  $e'$  : épaisseur du radier
- **Pour les valeurs caractéristiques de dimensionnement nous avons :**

$$M_0 = K\delta h^3$$

$K$  : étant donné par l'équation :

$$\left(\frac{e}{e'}\right)^3 K^3/2 + \frac{3}{2\beta h} K - \frac{3}{4(\beta h)^3} \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) = 0$$

Abaques pour le calcul du moment de l'encastrement  $M_0$  donne  $K$  en fonction de  $e/e'$  :

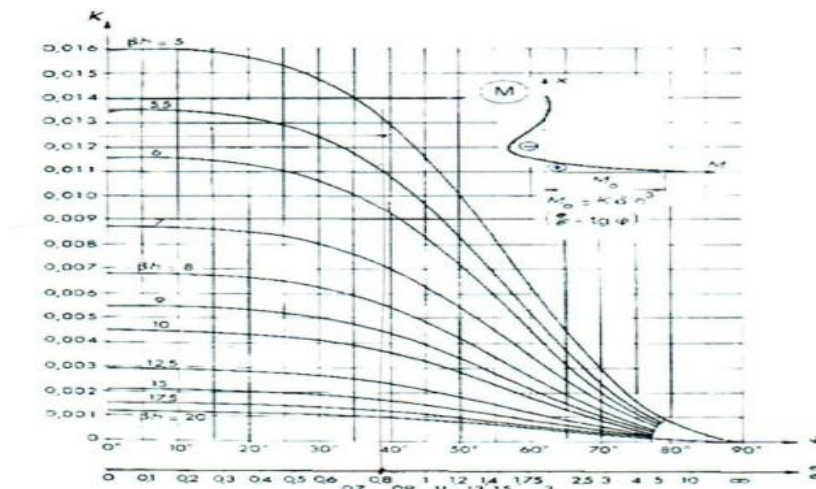


Figure 19-Abaque de détermination de  $K$ . (2)

- **Pour un encastrement parfait de la paroi sur le radier on a :**

$$E \rightarrow \infty \text{ et } \frac{e}{e'} = 0$$

$$K = \frac{1}{2(\beta h)^2} \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right)$$

➤ L'articulation de la paroi sur le radier donne :

$$\acute{e} \rightarrow \infty \quad \text{et} \quad \frac{e}{\acute{e}} = 0$$

➤ L'abscisse  $x_0$  (le point ou le moment de flexion nul):

$$X_0 = K_0 h$$

$$\text{Avec } K_0 = \frac{\varphi_0}{\beta h} = \frac{\tan^{-1}[2K\beta h^2]}{\beta h}$$

Abaque (figure 18) donne  $k_0$  en fonction de  $e$  et  $e/\acute{e}$

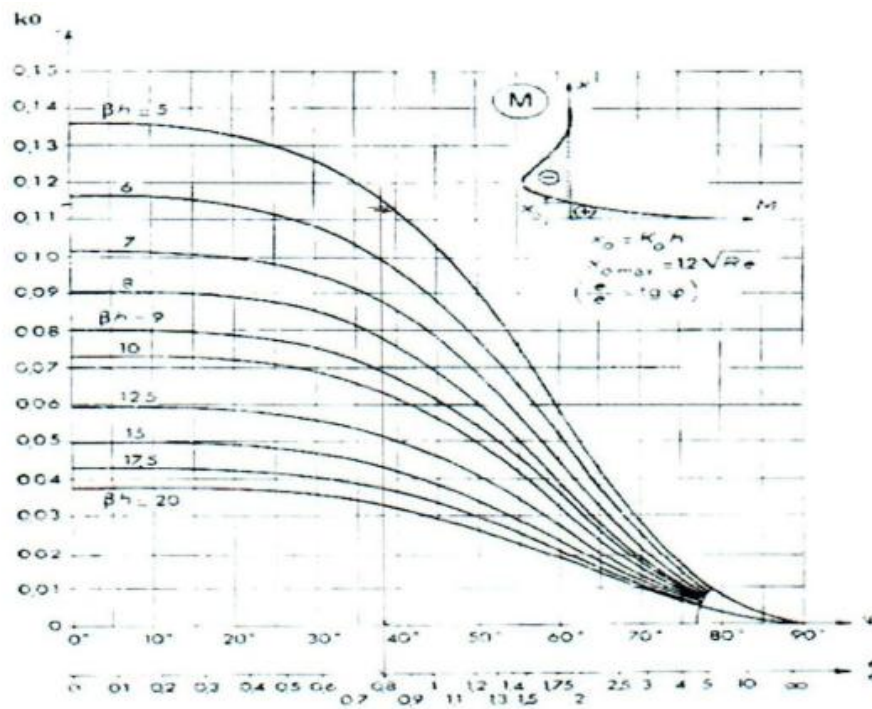


Figure 20-Abaque de détermination de  $K_0$ . (2)

➤ L'abscisse  $X_0$  a une valeur limite indépendante de  $h$ .

$$X_0 = \frac{2\pi}{2\beta} = \frac{\pi}{2\sqrt[4]{3(1-\nu^2)}} \sqrt{Re}$$

Ou pour  $\nu = \frac{1}{6}$  (cas de béton armé)

$$X_{0max} = 1.2\sqrt{Re}$$

- Le moment de flexion s'annule une seconde fois à la distance du fond de la cuve donné par :

$$x_0 + \frac{\pi}{\beta} = \left(K_0 + \frac{\pi}{\beta}\right) h$$

- **ABSCISSE  $x_1$  du moment de flexion négatif maximal:**

$$x_1 = K_1 h$$

$$\text{Avec : } K_1 = \frac{\pi}{4\beta h} + K_0$$

$K_1$  est donnée par la (figure 19) :

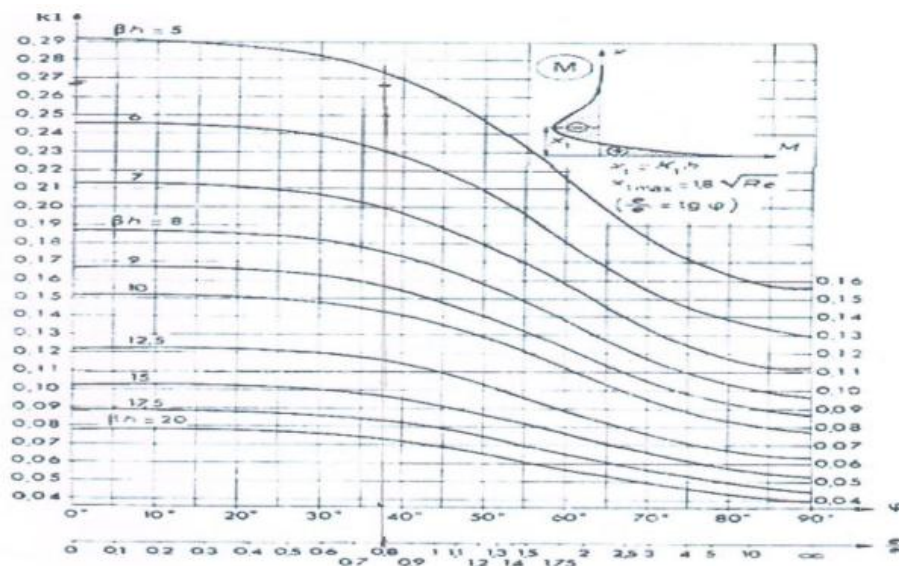


Figure 21-Abaque de détermination de  $K_1$ . (2)

$M'$  : moment de flexion négatif maximal

$$M' = -K'h^3$$

Avec :

$$k' = -K e^{-\beta x_1 [\cos \beta x_1]}_1$$

La figure (20) donne  $k'$  en fonction de  $e/\epsilon$



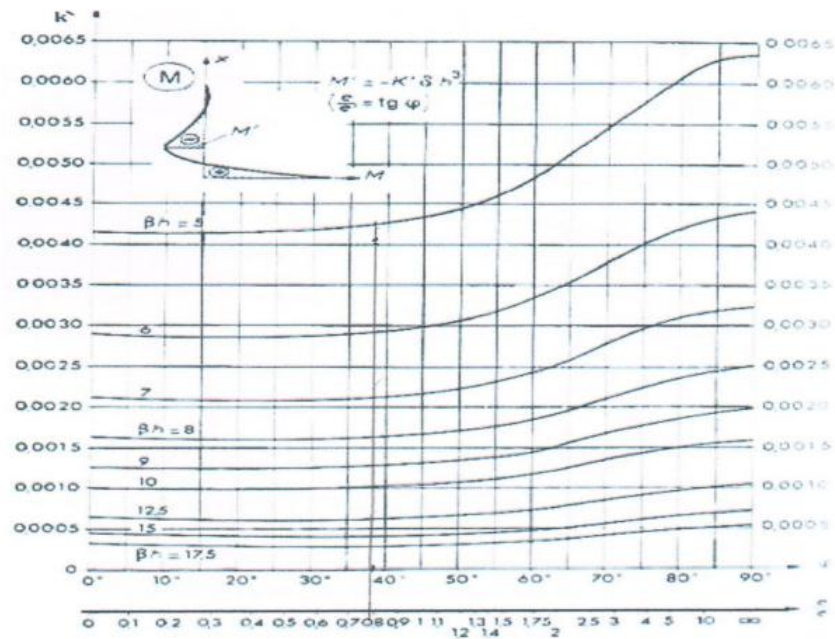


Figure 22-Abaque de détermination de  $K'$ . (2)

$X_2$  DE L'EFFORT  $N_\phi$  MAXIMAL SUIVANT LES CERCES:

$$X_2 = K_2 = \text{avec } K_2 = \frac{\varphi_2}{\beta h}$$

Pour calculer l'abscisse de l'effort maximale suivant les cerces on détermine le coefficient  $K_2$  en fonction de  $e/\epsilon$ .

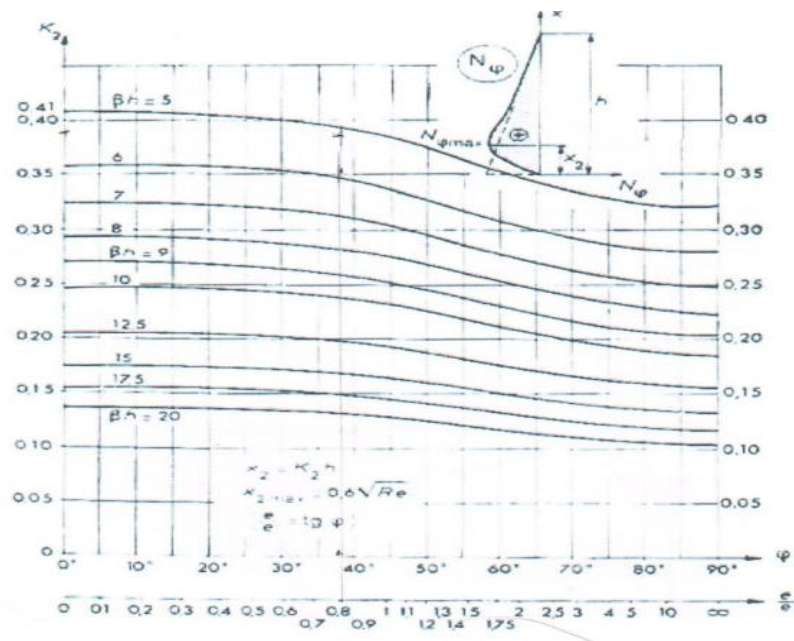


Figure 23-Abaque de détermination de K2. (2)

$$x_{2max} = \frac{\pi}{2\beta} = -\frac{\pi}{\sqrt[4]{3(1-\nu^2)}} \sqrt{Re}$$

$$x_{2max} = 0.6\sqrt{Re}$$

➤ L'effort  $N_\varphi$  maximal suivant les cerces:

$$N_\varphi = K'' \beta R h$$

Avec :

$$K'' = 1 - K_2 - e^{\varphi_2 \cos \varphi_2} - 2K(\beta h)^2 e^{-\varphi_2 \sin \varphi_2}$$

(La figure .....) Donne  $K''$  en fonction de  $e/\acute{e}$ .

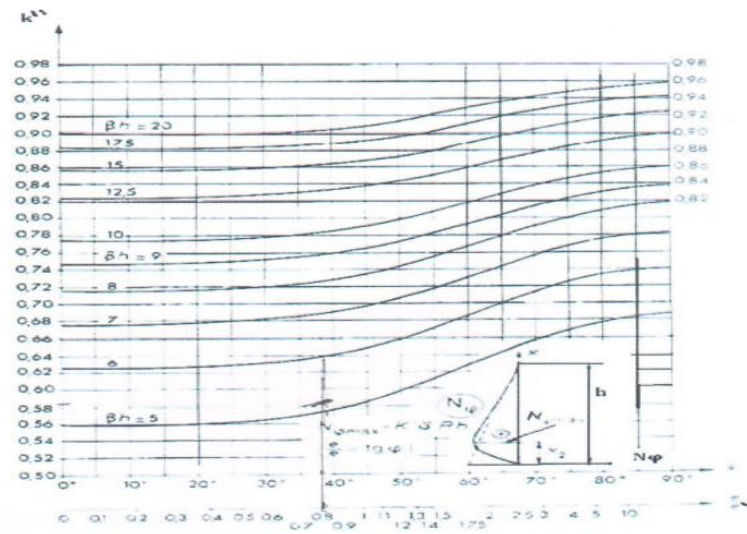


Figure 24-Abaque de détermination de  $K''$ . (2)

➤ **Paroi encastree sur le radier :**

$$e \rightarrow \infty \quad ; \quad v \rightarrow 0$$

$$M_0 = \delta h^3 \frac{1}{2(\beta h)^2} \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) = \frac{1}{2\sqrt{1-v^3}} \left[ hRe - \frac{(Re)^{3/2}}{\sqrt[4]{3(1-v^2)}} \right]$$

Pour :  $\delta = 1 \text{ kdaN/m}^3$  et  $v = 1/6$

$$M_0 = \frac{hRe}{3.416} - \frac{(Re)^{3/2}}{4.464}$$

(H ; R ; e en mètre.  $M_0$  en  $\text{kn.m/ml}$ ).

$$x_0 = \frac{\psi_0}{\sqrt[4]{3(1-v^2)}} \sqrt{Re}$$

$$\text{Avec : } \tan \psi_0 = 1 - \frac{1}{\sqrt[4]{3(1-v^2)}} \frac{\sqrt{Re}}{h}$$

## **2.2. Les coupoles :**

Les coupoles (2) sont des surfaces de révolution destinées à couvrir des espaces circulaires ; on les utilise aussi pour constituer la partie inférieure des réservoirs surélevés.

Nous distinguerons coupoles à flèche importante et les coupes surbaissées.

Les coupoles sont armées au moyen d'armatures disposées suivant les parallèles et les méridiens ; à la partie inférieure, on place une ceinture qui doit pouvoir équilibrer la composante horizontale  $(10)H$  de la réaction  $R$  transmise par la coupole, la composante verticale  $V$  étant reportée sur les murs ou les piliers qui supportent la coupole.

### **2.3.1. Détermination des efforts dans la coupole :**

#### **2.3.1.1. Les charges agissantes sur la coupole :**

La coupole (10) est soumise :

✓ **Charge permanente(G)**

- Poids propre :  $p=e \times \delta_{\text{béton}}$
- Etanchéité (isolation)  $40 \text{ kg/m}^2$

✓ **Surcharge d'exploitation (p) :**

Surcharge d'entretien  $P=100 \text{ kg/m}^2$

✓ **Surcharge climatique (v) :**

Neige suivant la région (voir règlement de calcul RNVA 97)

#### **2.3.1.2. Méthode de membrane :**(4)

La théorie des coques ou bien de la membrane peut déterminer les efforts dans coupole, elle est basée sur les hypothèses suivantes :

- La coupole est considérée comme infiniment mince.
- L'épaisseur de la coupole est très petite devant l'autre dimension, il en résulte que la coupole ne peut pas subir des moments de flexion et torsion, les efforts intérieurs

se réduisent à un effort de compression suivant le méridien, et un effort de compression ou traction suivant les parallèles, les contraintes sont réparties dans la section.

Cette théorie nous donne l'effort  $N_\varphi$  (effort normal suivant les méridiens) et  $N_\theta$  (effort normal suivant les parallèles)

a) **Coque sphérique complète d'épaisseur constante :**

Les efforts (11) sont donnés par les relations suivantes :

$$N_\varphi = \frac{ap}{1 + \cos \varphi}$$

$$N_\theta = ap \left( \frac{1}{1 + \cos \varphi} - \cos \varphi \right)$$

$$H = -\frac{p(r^2 - f^2)}{4fr^2}$$

A : Rayon de courbure

P : Poids propre par mètre carré de coupole,

R : Demi-corde.

F : la flèche de la coupole.

H : la composante horizontale de. Le signe (-) devant indique une compression.

b) **Coque sphérique incomplète d'épaisseur constante :**

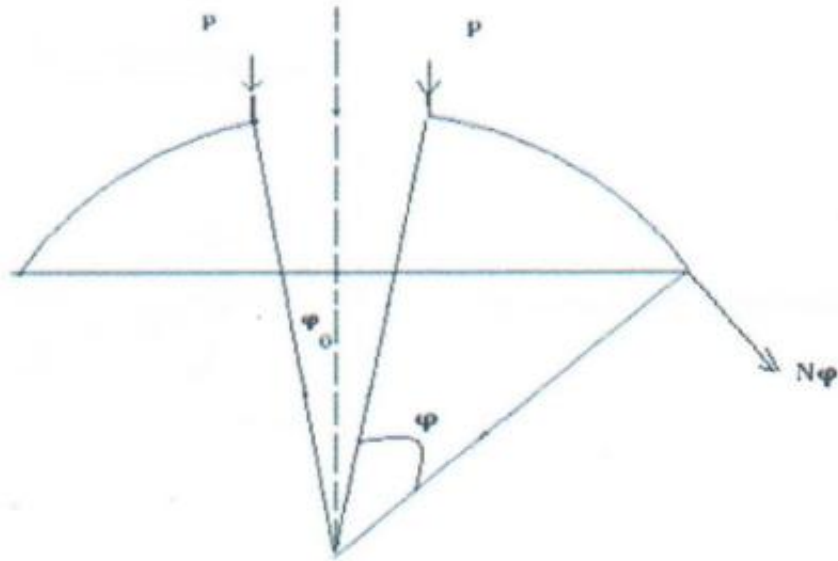


Figure 25- coupole incomplète (avec lanterneau).

$$N_{\varphi} = -a_p \frac{\cos \varphi_0 - \cos \varphi}{\sin^2 \varphi} - p \frac{\sin \varphi_0}{\sin^2 \varphi}$$

$$N_{\theta} = ap \left( \frac{\cos \varphi_0 - \cos \varphi}{\sin^2 \varphi} - \cos \varphi \right) + p \frac{\sin \varphi_0}{\sin^2 \varphi}$$

**2.3. La ceinture : (2)**

Les bords inférieurs de la coupole sont liés tout autour à la paroi par une ceinture, ceci entraîne que les bords inférieurs de la coupole ne sont pas libres de s'allonger latéralement.

Le dessin d'une ceinture, paroi et coupole est tel que les efforts passent sensiblement par le centre de gravité de la ceinture.

**2.4.1. Les ceintures selon leur position :**

**2.4.1.1. Ceinture haute de la coupole :**

La composante H horizontale (2) à équilibre par la ceinture vaut :

$$H = f_e \cos \alpha$$

Si D le diamètre du trou d'homme la compression dans la ceinture est :

$$C = \frac{HD}{2}$$

Et la ceinture généralement très faible si S est la section :

$$\delta_b = \frac{-C}{S}$$

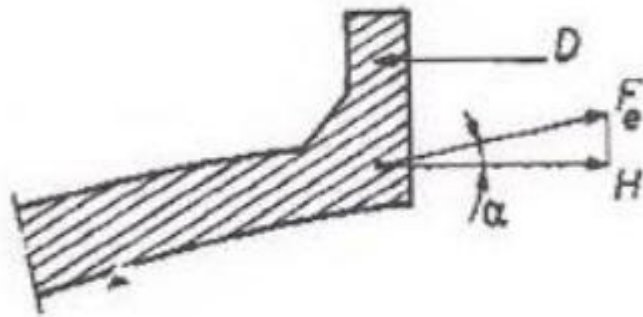


Figure 26-ceinture haute de la coupole.

#### **2.4.1.2. Ceinture base de coupole :**

Elle équilibre la composante horizontale de la poussée inclinée de la coupole, on limite la contrainte de béton à 18 bars. Mais pour le calcul de la surface on compte non seulement le rectangle inscrit mais une partie de la coupole elle-même de la paroi et de la corniche.

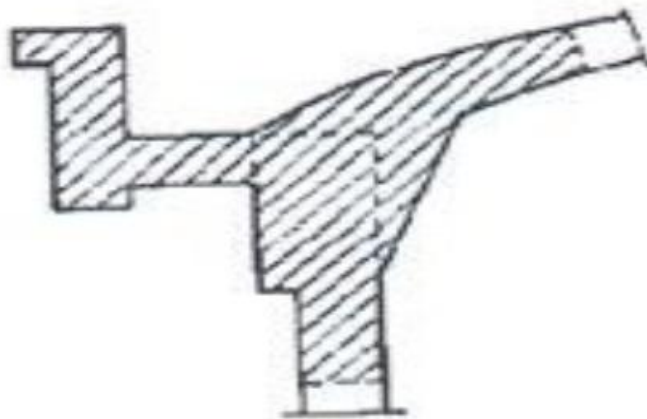


Figure 27- ceinture base de coupole. (2)

## **2.4. Les radiers :**

### **2.4.1. Introduction :**

*Le radier (2) est une dalle en béton armé de grandes dimensions, conçue en tant que fondation superficielle. Une telle solution de fondation est adéquate en cas de sol de faible capacité portante, ce qui nécessite une répartition des charges sur une grande surface de contact de la des surfaces de fondation dépasse la moitié de la surface du bâtiment, il est plus économique de réaliser plutôt une fondation sur radier.*

*Contrairement aux fondations superficielles, l'étendue de la surface d'un radier nécessite une prise en compte de la variabilité spatiale des propriétés mécanique du sol sous-jacent, notamment dans le sens horizontal. En outre, l'analyse des déformations du radier /sol, en distinguant les radiers rigides, semi-rigides et souples*

### **2.5.2. Méthode de calcul :**

#### **2.5.2.1. Dalle circulaire (radier) :** (3)

Si la répartition sur le sol des efforts introduits par les parois est inconnue le calcul n'offre pas de difficulté.

On peut aussi calculer en phase plastique.

Si  $P$  est la charge totale :  $p=2\pi R_p$  transmise par les parois, le moment de rupture est :

$$M = \frac{p}{6\pi(1+\varphi)}$$

$\varphi$ : étant le rapport du moment de pourtour  $m'$  au moment central  $m$  ( $m = \varphi \cdot m$ )

➤ **Paroi Articulée sur le radier :**

$$\varphi = 0 \quad ; \quad M = \frac{p}{12\pi}$$

➤ **Paroi parfaitement encastrée sur le radier :**

$$\varphi = 1 \quad ; \quad M = \frac{p}{12\pi}$$



Mais la répartition des pressions peut ne pas être uniforme

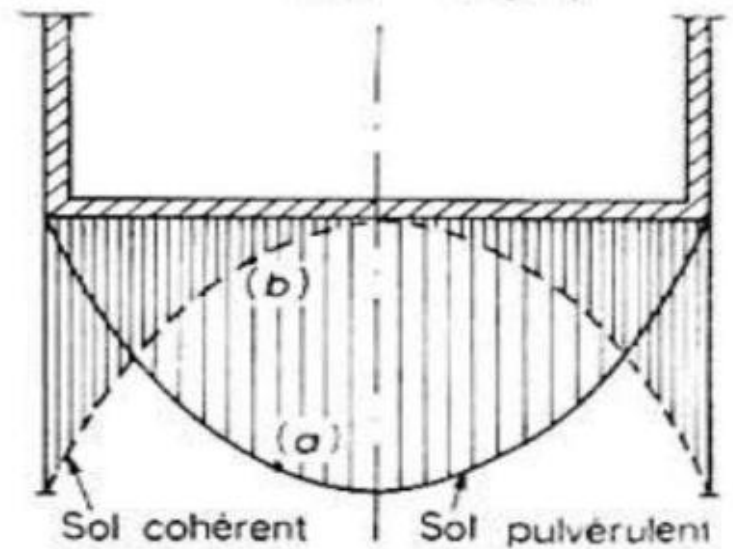


Figure 28- la sous pression du radier. (2)

Fig. II.17- la sous pression du radier.

➤ **Cas du sol Pulvérulent :**

$$M = \frac{7P}{30\pi}$$

➤ **CAS DU SOL Cohérent :**

$$M = \frac{7P}{10\pi}$$

### 2.5.2.2. RADIER Nervuré :

On peut aussi réaliser des radiers nervurés par exemple selon le cas d'espèce les radiers nervurés. Dans le cas de la figure 27 à l'appui suivant le diamètre peut être simplement réalisé par la cloison verticale diamétrale.

Ce que nous avons dit pour le calcul de la couverture convient pour le radier

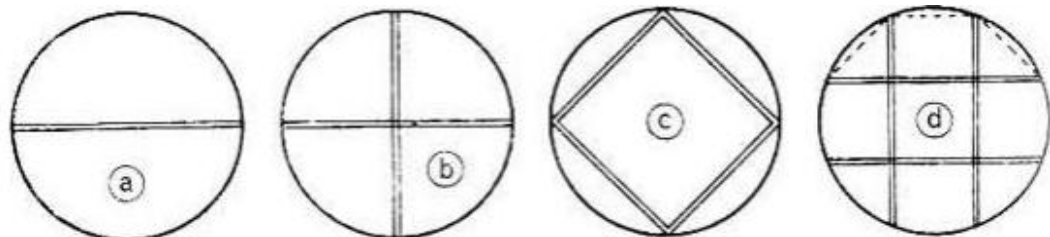


Figure 29- radier nervuré. (2)

**Partie 2 :**  
**Calcul**  
**hydraulique.**

## Chapitre 1 : Présentation du site.

### 1.1. INTRODUCTION : (10)

La présente étude a pour objet, l'étude d'alimentation en eau industrielle de zone industrielle de mechta Fatima commune EL HAMMADIA WILAYA de Bordj Bou Arreridj

### 1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La ville de Bordj Bou Arreridj est située au point géographique 36° de latitude Nord et 4°30' de longitude Est.

Les limites administratives de la commune sont :

- Nord : communes Medjana, HASSNAOUA
- Sud : Commune el Hammadia
- Est : Communes sidi Mberek et EL-ANASSER
- Ouest : Communes EL-ACHIR



Figure 30- Algérie (10)



Figure 31- wilayas limitrophes de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. (10)

. La zone d'étude est située à 15 km au sud de la ville bordj Bou Arreridj, dans le trottoir de la commune El Hamadia.

Les limites administratives de la commune El-Hamadia sont :

- Nord : communes bordj bou arreridj, el achir
- Sud : Commune el euche et Rabta
- Est : Communes EL-ANASSER ,belimour,bordj ghedir
- Ouest : Communes k'sour



Figure 32-La zone industrielle mechta fatima.

### **1.3. SITUATION DEMOGRAPHIQUE :** (10)

Pour l'estimation de la population à l'horizon futur nous utiliserons l'expression des intérêts composées :

$$P_n = P_o (1+T)^n$$

D'où :

- $P_n$  : Population future à l'horizon voulu
- $P_o$  : Population actuel pour l'année 2008 (168 346 hab)
- $T$  : Taux d'accroissement (2.3%)
- $N$  : Nombre d'années séparant l'année de futur et l'année de référence

Tableau 1- Nombre d'habitants du centre-ville Bordj Bou Arreridj.

<b>NOMBRE D'HABITANTS</b>
---------------------------

<b>LOCALITE</b>	<b>horizon 2008</b>	<b>horizo n 2016</b>	<b>horizo n 2020</b>	<b>horizo n 2025</b>	<b>horizon 2030</b>	<b>horizo n 2035</b>	<b>horizo n 2040</b>	<b>horizon 2045</b>
<b>Centre-ville bordj Bou Arreridj</b>	<b>168346</b>	<b>20193 3</b>	<b>22116 2</b>	<b>247793</b>	<b>277630</b>	<b>311061</b>	<b>34851 6</b>	<b>390482</b>

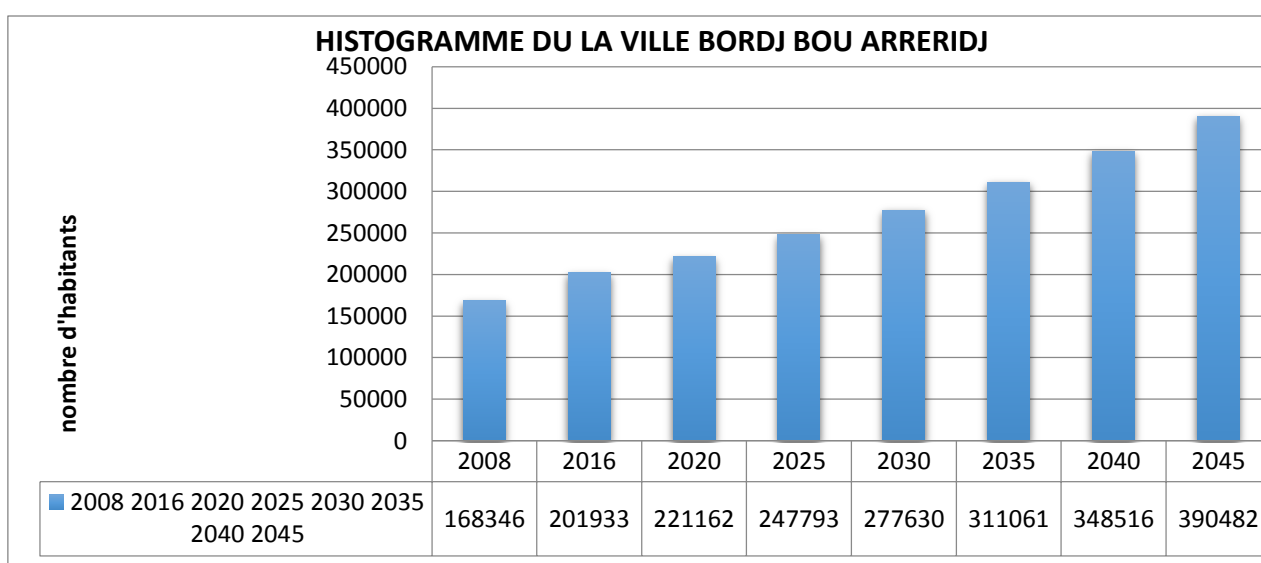


Figure 33- histogramme de la ville de Bordj Bou Arreridj.

#### **1.4. APERÇU LA ZONE INDUSTRIELLE MECHTA FATIMA (10)**

SUPERFICIE : 382,27ha

SURFACE CESSIBLE : **286.89 ha**

NOMBRE DE LOT : **293**

TYPES D'INDUSTRIES :

- Industrie de service
- Matériaux de construction
- Plastique et Textile

- Agro-alimentaire
- Chimique
- Mécanique et Électronique
- Équipement de soutien
- Plateforme Logistique.

## **Chapitre 2 : Estimation des besoins en eau.**

### **2. Besoins quantitatifs en eau :**

Mises à part les précipitations, les quantités d'eau à évacuer par le réseau d'assainissement sont celles qui ont été distribuées, diminuées souvent d'un abattement de 20 à 30%, aussi l'estimation des quantités d'eau et des débits sera la même dans les deux cas :

#### **a) Consommation d'eau potable :**

Communes rurales :(agglomérations de moins de 2000 habitants)

Forfaitairement : 125 litres par jour par habitant (200 L /J/H si l'élément intensif)

On peut effectuer une évaluation plus détaillée :

#### **Besoins domestiques :**

- Élevage =60 L/J/H
- *Cheval ou bovidé* = 50 L/J
- *PORC* = 20 L/J
- *MOUTTON* = 5 L/J
- Arrosage des jardins : =3 ,6 OU 9 L/J

Et par m<sup>2</sup> suivant que la région est sèche, moyenne ou humide (les cultures maraichères doivent être estimées à Part)

#### **b) distribution urbaine :(communes de plus de 2000habitans)**

On peut prendre comme base de calcul :

- villes de moins de 20.000 habitants : 150 à200 L/J/H
- villes de 20000 à 100.000 habitants : 200 à 300 L/J/H
- villes de plus de 100.000 habitants : 300 à 400 L/J/H

Si de grosses usines sont prévues on peut prévoir 500 L/J/H (pour les pays les plus industrialisés, la consommation tend vers 1m<sup>3</sup> J/H)

### **c) Besoin publics :**

- Urinoir : 20 l /J/PLACE
- LAVOIR : 1200 l /J/PLACE
- BAIN-douche : 200 l /J/POSTE
- Abattoir : 500 l /tête de bétail
- Nettoyage des marchés : 5 l /M<sup>2</sup> /jour de marché
- Lavage des caniveaux : 25 l /M//J (peut être diminué)
- Autre les besoins publics précédents, il faut réglementairement prévoir :
- Ecole : 100 l /J/2LEVE
- Sanatorium : 250 l /J/LIT
- HOPITAL : 500 l /J/LIT
- Colonie de vacances : 100 l /J/HABITAN

### **3. Capacité du réservoir :**

#### **3.1. Généralités :**

La capacité (1) d'un réservoir doit être estimée en tenant compte des variations de débit à l'entrée comme à la sortie. C'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont, et d'autre part de la variabilité de la demande.

En ce qui concerne les ouvrages amont. Qui consomment souvent beaucoup d'énergie, leur exploitation est le plus souvent soit continue (ce qui permet de les réaliser pour le débit moyen seulement) soit limitée aux heures où le prix de l'énergie est moins élevée. C'est-à-dire actuellement entre 22 heures et 6 heures. Dans ce dernier cas, le débit équipé devra être égale à 3 fois le débit moyen, et avoisinera donc, comme on va le voir, le débit de pointe. L'économie apportée par le réservoir. Se limitera alors pratiquement à celle réalisée sur le prix de l'énergie

A l'aval du réservoir, il faut considérer les variations du débit demandé et la période sur laquelle on désire amortir ces variations.

IL n'est pas question d'équiper un réservoir amortissant les variations saisonnières, car cette sujétion lui imposerait un volume beaucoup trop important. On ne cherche en général pas à amortir les à-coups hebdomadaires de consommation (toutefois, le réservoir de l'Hay-les-Roses, près de Paris, et dont la capacité est du même ordre de grandeur que la consommation journalière, est exploité de manière à en tenir compte). Le plus souvent, un réservoir est calculé pour satisfaire aux variations journalières du débit consommé, en tenant compte bien entendu du jour de plus forte consommation).

		Volumes partiels		Volumes cumulés			
Temps	Coeff.	Apport	Cons	Apport	Cons	□V <sup>+</sup>	□V <sup>-</sup>

### **3.2. Principe de calcul de la capacité :** (1)

Dans ces conditions ,il est commode ,pour estimer la capacité d'un réservoir journalier ,d'air recours à un graphique .on trouve sur ces graphiques ,à la partie supérieur les variations en fonction du temps du débit pompé (entrant dans le réservoir)et du débit distribué (sortant),et au-dessous les variations du volume contenu dans le réservoir ,à partir d'une origine arbitraire (ici 0 h) ;ce volume représente l'intégrale de la différence des deux débits précédents ;à la partie inférieure ,un tableau donne, pour chaque période de fonctionnement, les valeurs des débits et des volumes pompés ou distribués précédents ,et aux instants correspondant à des changements de régime ,les totaux de ces volumes et leurs différences .La capacité du réservoir et son contenu à l'instant origine arbitraire sont déterminés de façon que son contenu ne soit jamais négatif.

### **3.3. Estimation de débit d'industrie actuel :**

Actuel dotation =5m<sup>3</sup> /j/ha (selon la direction de l'hydraulique)

$$Q_{MOY} = D \times S = 285,37 \text{ ha} \times 5\text{m}^3/\text{j}/\text{ha}$$

$$Q_{max} = Q_{moy} \times C_f \times C_s = 1426,85 \times 1,2 \times 1,2 = 2054,664 \frac{\text{m}^3}{\text{j}}$$

D : dotation

S : surface

### **3.4. Estimation de débit d'industrie de future :**

$$Q_{moy} = D \times S \times C_f$$

Dotation future = 35 m<sup>3</sup> /j /ha

$$Q_{moy} = 35 \times 285,37 \times 1,2 = 11985,54 \times 1,2 = 14382,64 \frac{\text{m}^3}{\text{j}}$$

$$Q_{totale} = Q_{max}^{actuel} + Q_{max}^{futur} = 16437,304 \frac{\text{m}^3}{\text{j}}$$

$$Q_{totale} = 684,88 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### **3.5. Calcul de la capacité de réservoir :**

Il existe deux méthodes pour déterminer la capacité de la cuve :

- ✓ la méthode analytique.
- ✓ la méthode graphique.



	ah %						
0h –1h	1,5	685	246,60	685	246,60	438,40	
1h –2h	1,5	685	246,60	1370	493,20	876,80	
2h –3h	1,5	685	246,60	2055	739,80	1315,20	
3h –4h	1,5	685	246,60	2740	986,40	1753,60	
4h –5h	2,5	685	411,00	3425	1397,40	2027,60	
5h –6h	3,5	685	575,40	4110	1972,80	2137,20	
6h –7h	4,5	685	739,80	4795	2712,60	2082,40	
7h –8h	5,5	685	904,20	5480	3616,80	1863,20	
8h –9h	6,25	685	1027,50	6165	4644,30	1520,70	
9h –10h	6,25	685	1027,50	6850	5671,80	1178,20	
10h –11h	6,25	685	1027,50	7535	6699,30	835,70	
11h –12h	6,25	685	1027,50	8220	7726,80	493,20	
12h –13h	5	685	822,00	8905	8548,80	356,20	
13h –14h	5	685	822,00	9590	9370,80	219,20	
14h –15h	5,5	685	904,20	10275	10275,00	0	
15h –16h	6	685	986,40	10960	11261,40		-301,40
16h –17h	6	685	986,40	11645	12247,80		-602,80
17h –18h	5,5	685	904,20	12330	13152,00		-822,00
18h –19h	5	685	822,00	13015	13974,00		-959,00
19h –20h	4,5	685	739,80	13700	14713,80		1013,80
20h –21h	4	685	657,60	14385	15371,40		-986,40
21h –22h	3	685	493,20	15070	15864,60		-794,60
22h –23h	2	685	328,80	15755	16193,40		-438,40
23h –24h	1,5	685	246,60	16440	16440,00		0,00
	100						

Tableau 2- Détermination de la capacité d'un réservoir.

Dans notre cas, nous allons opter pour la méthode analytique consiste à déterminer les excès et les insuffisantes à différentes heures de la journée.

Le volume est donné par :  $V = \Delta V_{+ \text{ max}} + \Delta V_{- \text{ max}} + V_{\text{inc}}$

$\Delta V_{+}$  : excédent en eau à différentes heures de la journée

$\Delta V_{-}$  : insuffisantes en eau à différentes heures de la journée

$V_{\text{inc}}$  : réserve d'incendie  $V_{\text{inc}} = 240 \text{ m}^3$

Le résultat de ces calculs est donné dans le tableau précédent ou :

L'apport : volume maximal journalier Apport :  $Q_{h \text{ max}} \times \Delta T$  ( $\Delta T = 1$  heure)

La consommation est :  $Q_{h \text{ max}} \times T \cdot A_h \cdot 24$

$A_h$  : coefficient de répartition horaire des apports en fonction des heures et de la population, il est exprimé en %.

**Partie 03 :**  
**Section Génie Civil**

## Chapitre 1 : Dimensionnement des éléments du réservoir.

### 1.1. Introduction :

Dans cette partie nous allons procéder au calcul manuel des différentes parties composant l'ouvrage, le réservoir à étudier est un réservoir circulaire en béton armé coulé sur place du type semi-enterré de capacité 5000 m<sup>3</sup>, destiné à l'alimentation en eau potable.

### 1.2. Pré dimensionnement :

a) **Diamètre intérieur de la cuve :**

$$D = 1.405 \sqrt[3]{5000}$$

$$D = 24.02 \text{ m}$$

▪ Pour notre projet on va prendre une dimension pratique  $D = 32 \text{ m}$

b) **Hauteur d'eau utile :**

$$H = 0.460 d \rightarrow H = 0.460 * 24.02$$

$$H = 11.13 \text{ m} \dots h = 4.75 \text{ m}$$

c) **Hauteur libre du niveau de l'eau jusqu'à la base de la ceinture de calotte**

$$H_0 = 0.10 * D \rightarrow H_0 = 2.402 \text{ m}$$

d) **Fleche de la coupole :**

$$F = 0.104 * D \rightarrow F = 3,328$$

e) **Epaisseur de la calotte :**

La coupole est un élément travaillant à la compression, nous prenons une épaisseur de 12 cm.

### 1.3. ETUDE ET FERRAILLAGE DE LA COUPOLE :

#### 1.3.1. Calcul de la coupole :

La coupole est une partie de la couverture du réservoir, la couverture est une calotte sphérique

✓ Effort suivant les méridiens :

$$N_m = - \frac{R \times P}{1 + \cos \varphi}$$

✓ Effort suivant les parallèles (cerces) :

$$N_p = R \times P \left( \frac{1}{1 + \cos \varphi} - \cos \varphi \right)$$

P : Charge uniforme sur la surface de la coupole

R : rayon de la courbure de la coupole

$\varphi$ : Angle composé de l'axe de révolution jusqu'au bord supérieur de la coupole

### 1. Calcul de la flèche de la coupole :

$$F = 0.104 \times D \text{ avec } D = 32 \text{ m}$$

$$F = 3.328 \text{ m}$$

### 2. Calcul du rayon de la coupole :

On a :

$$(R - F)^2 + r^2 = R^2 \rightarrow \text{(selon Pythagore)}$$

$$R = \frac{r^2 + F^2}{2F} [m]$$

$$\text{Avec } r = 16 \text{ m et } F = 3.328 \text{ m}$$

$$R = 40.12 \text{ m}$$

### 3. Calcul de l'angle $\varphi$ :

$$\tan \varphi = \frac{r}{R - f} = \frac{16}{40,12 - 3,328} = 0,43$$

$$\varphi = 23,5^\circ$$

$$\cos \varphi = 0,917$$

$$\sin \varphi = 0,398$$

### 4. La surface de la coupole :

$$\text{On a : } S_{\text{coupole}} = 2\pi R F [m]$$

$$S_{\text{coupole}} = 838.92 m^2$$

### 5. Le poids propre de coupole :

$$P_c = e \delta_{\text{béton}}$$

$$\text{Avec : } e = 0.12 \text{ m et } \delta_{\text{béton}} = 2500 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$P_c = 300 \text{ kg/m}^2$$

## 6. La charge de calcul :

On a :  $G=300 \text{ kg /m}^2$  et  $Q=100 \text{ kg /m}^2$

$$\text{ELU : } q_u=(1.35G+1.5Q)*838.92= 465600.6 \text{ KG}$$

## 7. La charge de calcul par mètre linéaire :

$$\text{ELU : } P_{ml} = \frac{q_u}{2\pi r} = \frac{465600,6}{2\pi*16}$$

$$P_{ml} = 4631.41 \text{ kg /ml}$$

### 1.3.2. Calcul l'effort normal :

- Les données :

-poids de la coupole :  $P=555 \text{ kg /m}^2$

- Les résultats :

$$N_m = -\frac{R \times P}{1 + \cos\varphi}$$

$$N_m = -\frac{40,12 \times 555}{1 + 0,917}$$

$$N_m = -11615,33 \text{ kg}$$

$$N_p = R \times P \left( \frac{1}{1 + \cos\varphi} - \cos\varphi \right)$$

$$N_p = -8803,13 \text{ Kg}$$

### 1.3.3. Ferrailage de la coupole

#### 1.3.3.1. Ferrailage suivant les méridiens $N_m$ :

Le béton résiste bien à la compression sans aciers, le ferrailage à adopter est : pour une coupole surbaissée, assimilée à une dalle d'épaisseur  $e=0,12 \text{ m}$ ,  $b = 1 \text{ m}$

$$A_{min} = 0,3\% \cdot B$$

$$A_{min} = 0,3 \times 0,01 \times 12 \times 100$$

$$A_{min} = 3,6 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Nous prendrons :  $A_s = 8T8 = 4,02 \text{ cm}^2$

Avec un espacement  $15 \text{ cm}$

#### 1.3.3.2. Ferrailage suivant les parallèles $N_p$ :

$$N_\theta = 8803,13 \text{ Kg/ml}$$

On opte pour une section minimale armature méridienne /2

$$A_{min}=1.8 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\text{Nous prendrons : } A_s = 5T8 = 2.51 \text{ cm}^2$$

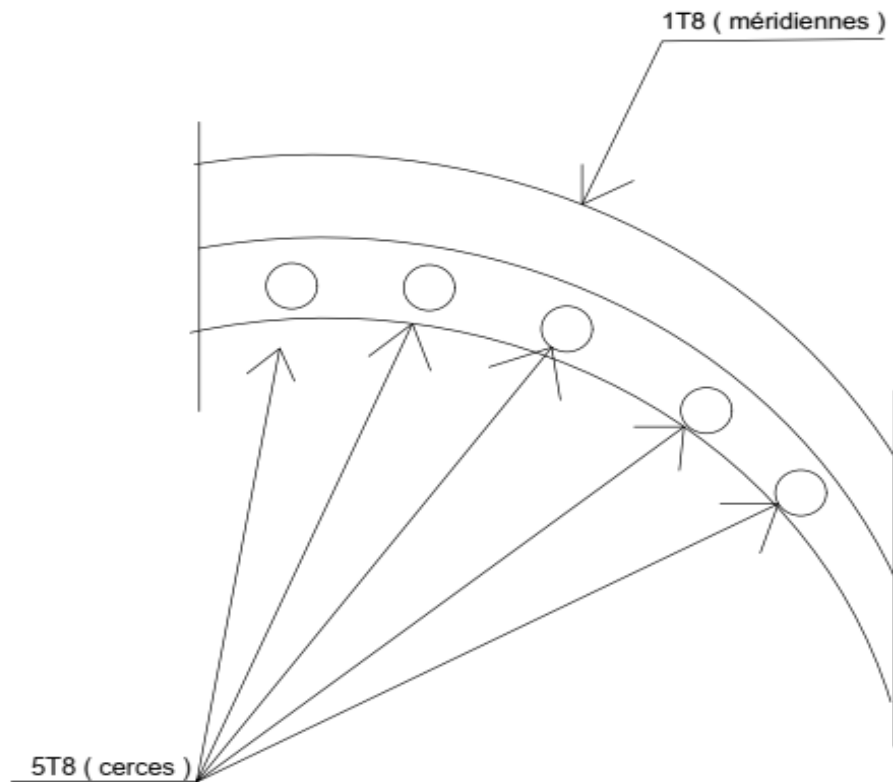


Fig..... Ferrailage de la coupole bande 1m.

### 1.3.3.3. Vérification des contraintes :

Sous combinaison ELS, la contrainte de compression du béton est limitée à la plus petite des deux valeurs suivantes :

$$\overline{\sigma}_{bc} = \frac{h_0 + 0.55}{F} F_{c28} \quad \text{ET} \quad \overline{\sigma}_{bc} = 100 \frac{h_0}{R} (f_{c28})^{1/3} \quad (\text{MPa})$$

Avec :

$h_0$  : Épaisseur de la coupole

R : rayon de courbure de la coupole

$f_{c28}$  : Résistance caractéristique à 28 jours du béton à la compression

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0,87 \text{ MPA}$$

$$\sigma_b = \frac{N_{max}}{b \times e} \text{ Avec } b = 1\text{m} \quad \text{et } e = 12 \text{ cm} \quad N_{max} = 11615,33 \text{ Kg/ml}$$

$$\sigma_b = 0,967 \text{ MPA}$$

$\sigma_b > \overline{\sigma}_{bc}$  La contrainte n'est pas vérifiée, donc on peut prendre une épaisseur de coupole :

$$E = 15 \text{ cm.}$$

$$\overline{\sigma}_{bc} = \frac{h_0 + 0,55}{F} F_{c28} \quad \text{ET} \quad \overline{\sigma}_{bc} = 100 \frac{h_0}{R} (f_{c28})^{1/3} \text{ (MPa)}$$

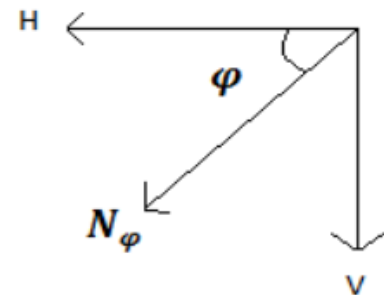
$$\overline{\sigma}_{bc} = 1,09 \text{ Mpa}$$

$\sigma_b < \overline{\sigma}_{bc}$  La contrainte est vérifiée.

#### **1.4. Etude de la ceinture :**

La ceinture est calculée comme une poutre soumise à une traction sous l'effet de la composante ramenée par la couverture, elle doit équilibrer la composante horizontale de la poussée de la coupole.

##### **1.4.1. La Poussée horizontale :**



La composante horizontale de  $N_m$  pour toute longueur est  $H1$

$$H1 = 2 \times \pi \times r \times N_m$$

$$H1 = 2 \times \pi \times 11 \times 11615,33 \text{ kg}$$

$$H1 = 802793,97 \text{ Kg}$$

La composante horizontale de  $N_m$  par unité de pourtour est  $H$

$$H = \frac{H1}{\pi \cdot D} = \frac{802793,97}{\pi \times 22} = 11615,32 \text{ Kg/m}$$

##### **1.4.2. L'effort de traction dans la ceinture T :**

L'effort de traction appliqué sur la ceinture.

$$T = H \cdot r = 11615,32 \times 11 = 127768,52 \text{ Kg}$$

##### **1.4.3. Ferrailage de la ceinture :**



$$T=127768,52 \text{ Kg}=1277685,2 \text{ N}$$

AVEC :

$$\gamma_s=1.15$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A = \frac{T}{\sigma_s} = \frac{1277685,2}{348 \times 100} = 36,7 \text{ cm}^2$$

$$\text{ON opte : } 12 \text{ T } 20 = 37,70 \text{ cm}^2$$

#### **1.4.4. Vérification de la section :**

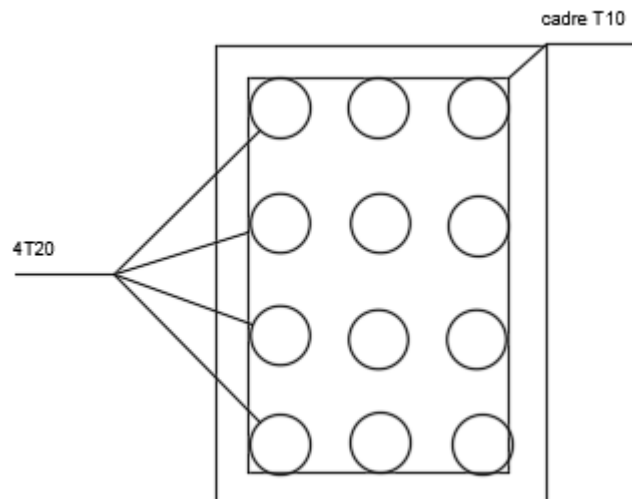
Puisque la section du béton n'intervient pas dans les calculs, elle peut être de dimensions quelconques, il y a lieu de vérifier la condition de non fragilité.

$$F_{c28} = 25 \text{ Mpa}$$

$$A \geq \frac{B \times f_{c28}}{f_E} \rightarrow B \leq \frac{A \times F_e}{F_{t28}}$$

$$B \leq \frac{34,60 \times 400}{2,1} = 6990,47 \text{ cm}^2$$

$40 \times 60 < 6990,47 \text{ Cm}^2 \rightarrow$  la condition est vérifiée



**Fig. I.3.** Ferrailage de la ceinture (bande 1m).

#### **1.5. Les parois (voile circulaire du réservoir) :**

La cuve se calcule par tranche de 1m sous l'effet de pression du liquide c'est-à-dire on considère que le réservoir plein est posé sur le sol (le cas défavorable), donc le voile vertical est soumis à la pression d'eau sur une hauteur de  $h = 6,25 \text{ m}$ .

### 1.5.1. Calcul la pression de liquide :

La cuve se calcule par tranche de 1m de hauteur, sous l'effet de la pression liquide.

$\gamma$  :Étant la densité d'eau et h : la hauteur d'eau

$$q_i = \gamma \times h_i$$

$$q_1 = \gamma \times h = 1000 \times 6,25 = 6250 \text{ kg/m}^2$$

$$q_2 = \gamma \times h = 1000 \times 5 = 5000 \text{ kg/m}^2$$

$$q_3 = \gamma \times h = 1000 \times 4 = 4000 \text{ kg/m}^2$$

$$q_4 = \gamma \times h = 1000 \times 3 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

$$q_5 = \gamma \times h = 1000 \times 2 = 2000 \text{ kg/m}^2$$

$$q_6 = \gamma \times h = 1000 \times 1 = 1000 \text{ kg/m}^2$$

Pour les zones :

En divisant le voile en bandes de 1m de hauteur, la pression moyenne sur chaque bande sera :

$$Q = \frac{(q_i + q_{i+1})}{2}$$

$$Z_1 \rightarrow Q_1 = \frac{q_1 + q_2}{2} = 5625 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_2 \rightarrow Q_2 = \frac{q_2 + q_3}{2} = 4500 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_3 \rightarrow Q_3 = \frac{q_3 + q_4}{2} = 3500 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_4 \rightarrow Q_4 = \frac{q_4 + q_5}{2} = 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_5 \rightarrow Q_5 = \frac{q_5 + q_6}{2} = 1500 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_6 \rightarrow Q_6 = \frac{q_6 + 0}{2} = 500 \text{ kg/m}^2$$

### 1.5.2. Les efforts de traction dans chaque bande :

Sous l'action de ces pressions, chaque bande sera tendue avec un effort tangentiel correspondant à savoir :

$$F_i = Q_i \times r \quad , \quad \text{avec } r=16\text{m}$$

$$F_1 = Q_1 \times r=90000 \text{ kg/m}^2$$

$$F_2 = Q_2 \times r=72000 \text{ kg/m}^2$$

$$F_3 = Q_3 \times r = 56000 \text{ kg/m}^2$$

$$F_4 = Q_4 \times r = 40000 \text{ kg/m}^2$$

$$F_5 = Q_5 \times r = 24000 \text{ kg/m}^2$$

$$F_6 = Q_6 \times r = 8000 \text{ kg/m}^2$$

### 1.5.3. Ferrailage de la paroi :

#### 1.5.3.1. Armatures horizontales (cerces) :

Section d'armature. (Cas de fissuration très préjudiciable)

Donc :  $\gamma = 1,1$  coefficient de sécurité

$$A = \frac{F}{\sigma_s} \times \gamma$$

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{f_e}{2}; 90\sqrt{\eta f_{tj}} \right\} \dots \text{ (CBA 93)}$$

$$\bar{\sigma}_s = 164,97 \text{ Mpa}$$

$$A_1 = \left( \frac{F_1}{\bar{\sigma}_s} \right) \times \gamma = 41,2 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_2 = \left( \frac{F_2}{\bar{\sigma}_s} \right) \times \gamma = 33,2 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_3 = \left( \frac{F_3}{\bar{\sigma}_s} \right) \times \gamma = 25,6 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_4 = \left( \frac{F_4}{\bar{\sigma}_s} \right) \times \gamma = 18,3 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_5 = \left( \frac{F_5}{\bar{\sigma}_s} \right) \times \gamma = 11 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_6 = \left( \frac{F_6}{\bar{\sigma}_s} \right) \times \gamma = 3,6 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On adopte :

Bande de 1,00 m	Type sur les 2 faces	A (cm <sup>2</sup> )	A adopté	Espacement
1	Cerces	41,2	14T20	15 cm
2	Cerces	33,2	14T20	15 cm
3	Cerces	25,6	14T16	15 cm
4	Cerces	18,3	14T14	15 cm
5	Cerces	11	14T10	15 cm
6	Cerces	3,6	4T10	20 cm

Cerces sur les deux faces espacement de 15 à 20 cm.

#### 1.5.4. Armature des barres montantes :

Pour un calcul pratique, l'armature verticale de réparation peut être prise égale à la moitié de celle de l'armature principale circulaire (cerces) on adopte :

Pour les bandes 1, 2, 3, 4 et 5 → 7 T 14.

L'armature verticale de la paroi est calculée aussi sur la base du moment max vertical.

#### a. Calcul des efforts et moment de la paroi :

On utilisé la méthode de Hngan-Soares :

#### Les donnees :

- la hauteur d'eau utile  $h = 6,25$  m
- L'épaisseur de la paroi  $e = 35$  cm
- L'épaisseur du radier  $e = 50$  cm.
- $\delta = 1$  t /m<sup>3</sup>

#### b. les résultats

$$B h = 5.93$$

$$K=0.012$$

$$M_0 = K\delta h^3 = 2929.68 \text{ kg.}$$

$$K_0 = 0.12$$

$$X_0 = K_0 h = 0.75 \text{ m}$$

$$X_{0max} = 1.2\sqrt{Re} = 1.662 \text{ m}$$

$$K_1 = 0.25$$

$$X_1 = K_1 h = 1.56 \text{ m}$$

$$X_{1max} = 1.8\sqrt{Re} = 2.49 \text{ m}$$

$$K' = 0.0030$$

$$M' = -K'\delta h^3 = -732.42 \text{ kg. m}$$

$$K_2 = 0.36$$

$$X_2 = K_2 h = 2.25 \text{ m}$$

$$K''=0.62$$

$$N_{\varphi max} = k''\delta R h = 62000 \text{ kg.m}$$

Le calcul des armatures verticales se fait à la flexion simple d'une bande de 1 m o

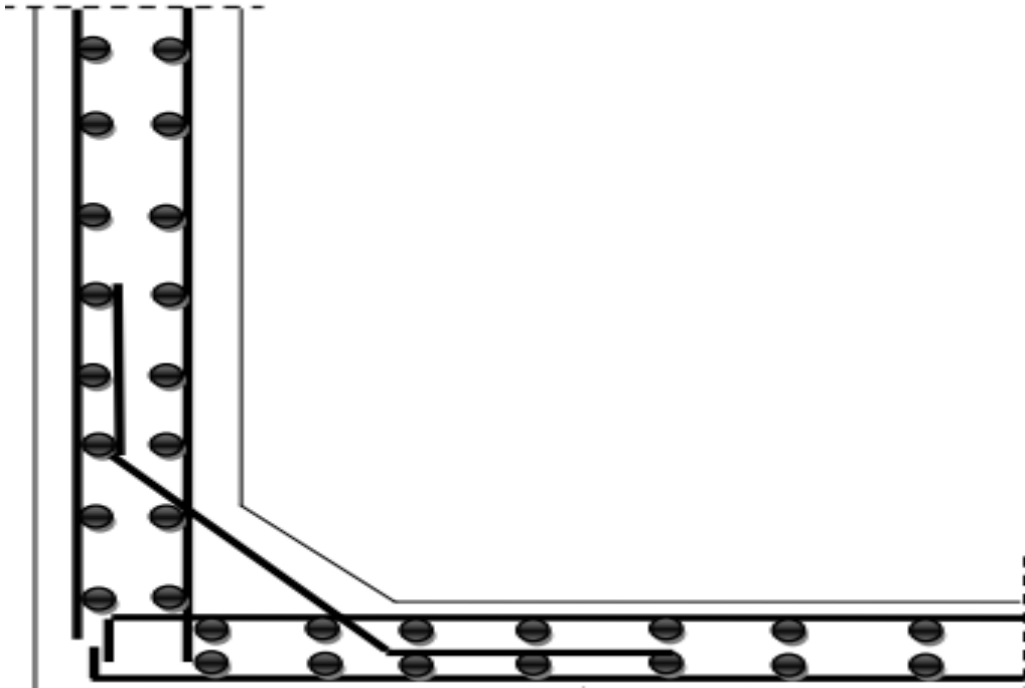


Figure 34-Ferrailage de la paroi d'un réservoir.

### **1.6. Calcul du radier :**

*Le radier est calculé comme une dalle circulaire à la flexion sous l'effet de la composante ramenée par le poids du réservoir, il doit assurer la fonction de l'étanchéité du réservoir et la bonne répartition des charges sur le sol. Le choix d'un radier général s'impose dans ce cas de figure.*

*Effort exercé :*

- *Poids de la coupole :*

$$P_1 = 2\pi \times R \times f \times P = 2\pi \times 40,12 \times 3,328 \times 555 = 465604,41 \text{ KG}$$

- *Poids de la ceinture :*

$$P_2 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \times h \times 2500 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (22,4^2 - 22^2) \times 0,6 \times 2500$$

$$= 20923,007 \text{ Kg}$$

- *Poids de la cuve :*

*Poids du béton armé :*

$$P_3 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \times h \times 2500 = 640272,29 \text{ Kg}$$

➤ Poids de l'eau :

$$P_4 = 1000 \times 5000 = 5000000 \text{ Kg}$$

➤ Poids total du réservoir vide :

$$P_{r_{vide}} = P_{coupole} + P_{ceinture} = 486527,417 \text{ Kg}$$

➤ Poids total du réservoir plein :

$$P_{r_{plein}} = P_{r_{vide}} + P_{eau} = 5486523,417 \text{ Kg}$$

➤ Surface du radier :

Diamètre de radier : 32 m

$$S = \pi \times \frac{D^2}{4} = 804,24 \text{ m}^2$$

Sous pression :

$$P_s = \frac{P}{S} = 816,67 \text{ Kg/m}^2$$

### 1.6.1. Calcul des moments de flexion :

Le ferrailage du radier sera calculé par la sous pression  $P_s$ : 9328,96 kg/m<sup>2</sup>

Le radier est considéré comme une plaque circulaire encastrée sur son pourtour.

Moment radial :

$$M_r = \left(\frac{P_s}{16}\right) \times [(1 + \nu) \times r^2 - (3 + \nu) \times a^2]$$

$$\text{Pour } a=0 \quad M_r = M_t = \left(\frac{P_s}{16}\right) \times [(1 + \nu) \times r^2]$$

$$a=r \quad M_r = \frac{-P_s \times r^2}{8}$$

$$M_t = \frac{-P_s \times V \times r^2}{8}$$

Au centre ( $a = 0$ )

**Moment radial et tangentiel :**

$$M_r = M_t = \left(\frac{P_s}{16}\right) \times (1 + \nu) \times r^2 = 15680,064 \text{ kg. m}$$

Au bord ( $a=r$ )

**Moment radial :**

$$M_r = \frac{-P_s \times r^2}{8} = 26133,44 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

**Moment tangentielle :**

$$M_t = \frac{-P_s \times v \times r^2}{8} = -5226,68 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

**1.6.2. Ferrailage du radier :**

On va calculer le ferrailage pour un radier posé sur un terrain rocheux soumis à la flexion simple. Sachant que :

La fissuration est très préjudiciable,  $b=1\text{m}$  et  $d=0,45\text{m}$ ,  $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$

$$f_{bu} = 14,2 \text{ Mpa}, \text{ enrobage } c=5 \text{ cm.}$$

$$A = \frac{M}{\beta \times d \times \sigma_s}$$

$$\sigma_s = 348 \text{ Mpa}$$

**Armatures radiales :**

En travée :  $a=0$

$$M_r = 15680,064 \text{ kg} \cdot \text{m} = 0,15680064 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\mu = \frac{M_r}{b \times d^2 \times f_{bu}}$$

$$\mu = \frac{0,15680064}{1 \times 0,45^2 \times 14,2} = 0,02$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,025$$

$$\beta = 1 - 0,4\alpha = 0,99$$

$$A = \frac{0,15680064}{0,99 \times 0,45 \times 348} = 1,01 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 10,10 \text{ cm}^2$$

On opte pour des  $=7\text{T}14=10,78 \text{ m}^2$

En appui :  $a=r$

$$M_r = 26133,44 \text{ kg} \cdot \text{m} = 0,2613344 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\mu = \frac{0,2613344}{1 \times 0,45^2 \times 14,2} = 0,09$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,09}) = 0,11$$

$$\beta = 1 - 0,4 \times \alpha = 0,956$$

$$A = \frac{0.2613344}{0.956 \times 0.45 \times 348} = 1,745 \times 10^{-3} m^2 = 17,45 \text{ cm}^2$$

**On opte 12 T14 = 18.47 cm<sup>2</sup>**

**Armature tangentielle :**

**EN Travée : a=0**

$$M_t = 15680,064 \text{ kg. m} = 0.15680064 \text{ MN.M}$$

$$\mu = \frac{0.15680064}{1 \times 0.45^2 \times 14.2} = 0.05$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.05}) = 0.06$$

$$\beta = 1 - 0.4 \times 0.8 = 0.68$$

$$A = \frac{0.15680064}{0.68 \times 0.45 \times 348} = 1.47 \times 10^{-3} m^2 = 14,7 \text{ cm}^2$$

**On opte pour des 13T12 = 14,7 cm<sup>2</sup>**

**EN appui : a=r**

$$M_t = 5226.68 \text{ kg. m} = 0.0522668 \text{ MN .m}$$

$$\mu = 0.018$$

$$\alpha = 0.022$$

$$\beta = 0.99$$

$$A = \frac{0.0522668}{0.99 \times 0.45 \times 348} = 3.37 \times 10^{-4} m^2 = 3,37 \text{ cm}^2$$

**On opte pour des 4T12 = 4,52 cm<sup>2</sup>**



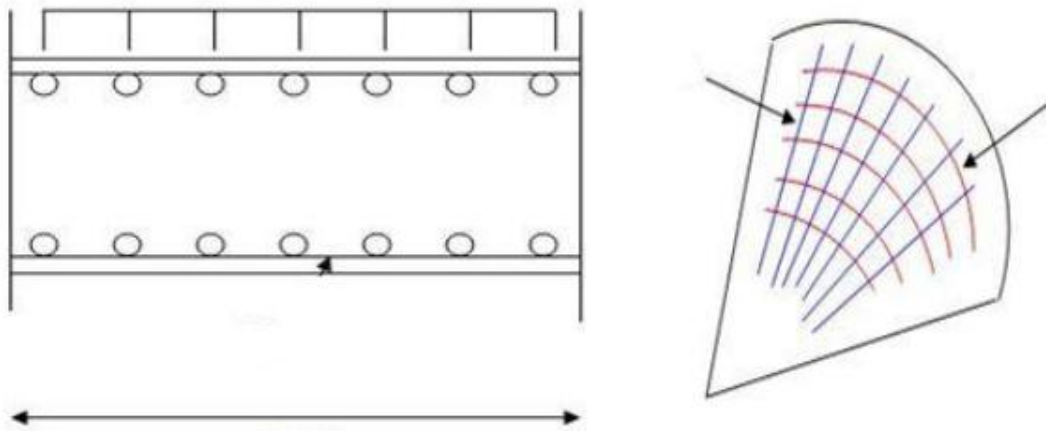


Figure 35- Schéma de ferrailage radier. (6)

## **Calcul automatique avec robot 2014**

### **1.1. Introduction :**

Le calcul dans cette section a été effectué en utilisant le logiciel robot version 2014, à titre de comparaison par rapport aux méthodes manuelles, la modélisation est faite selon les étapes suivantes.

### **1.2. Les données :**

#### **1.2.1. Géométrie :**

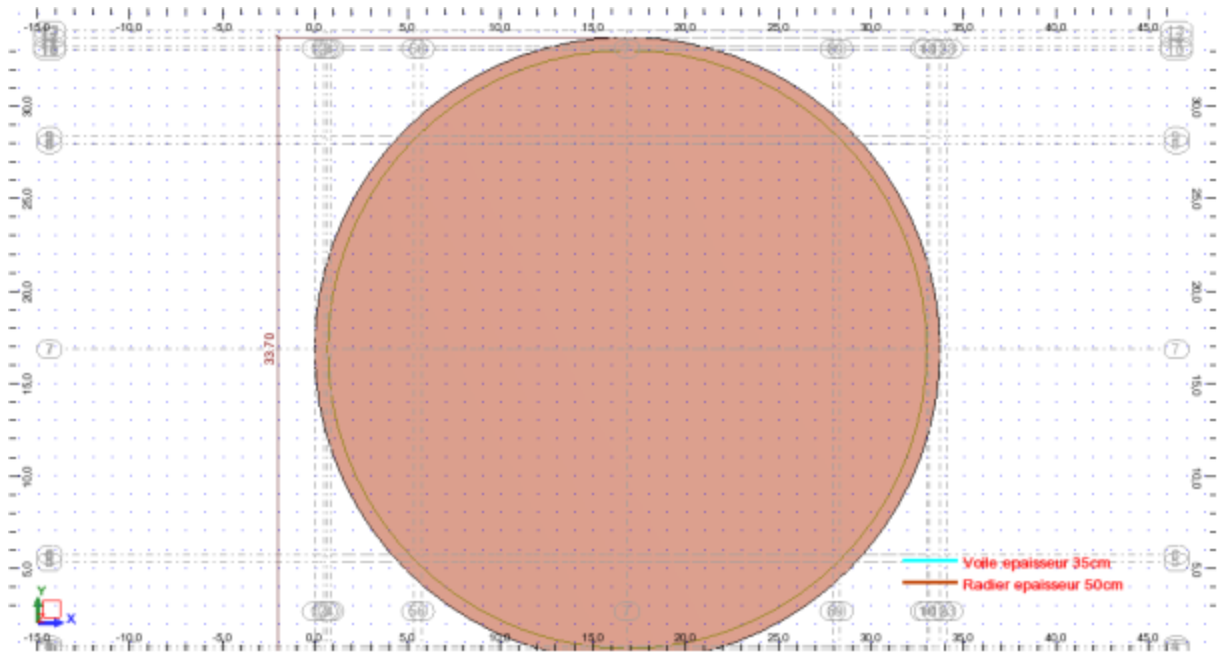


Figure 36- Extrait de la vue en plan radier.

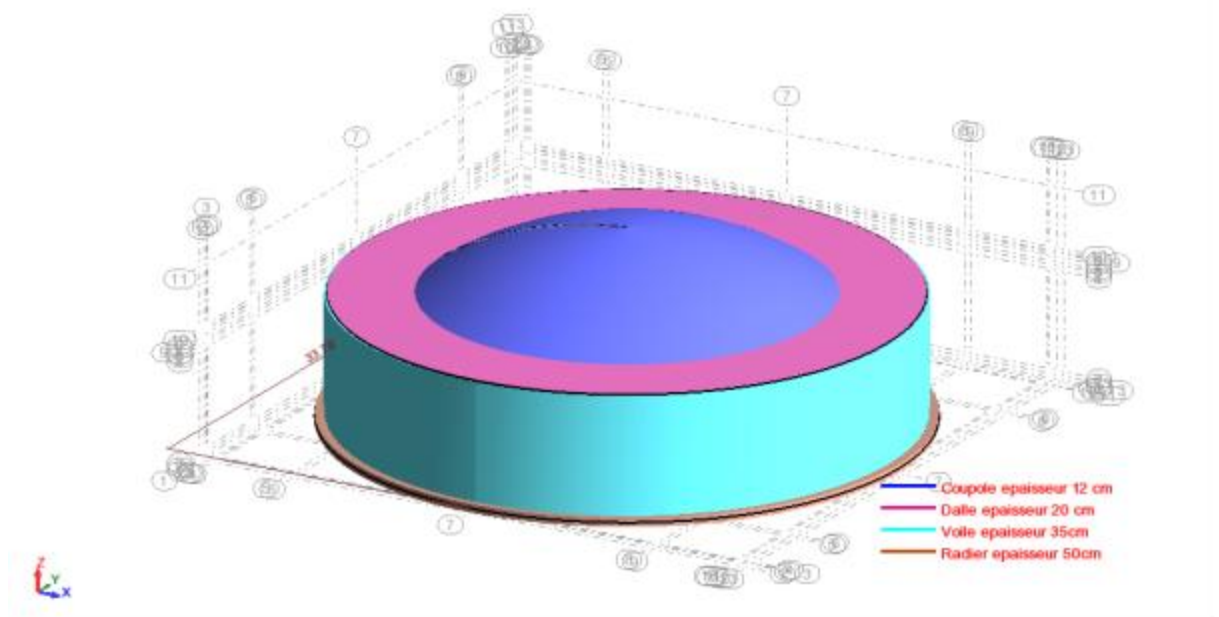


Figure 37-Extrait de la vue 3D extérieure.

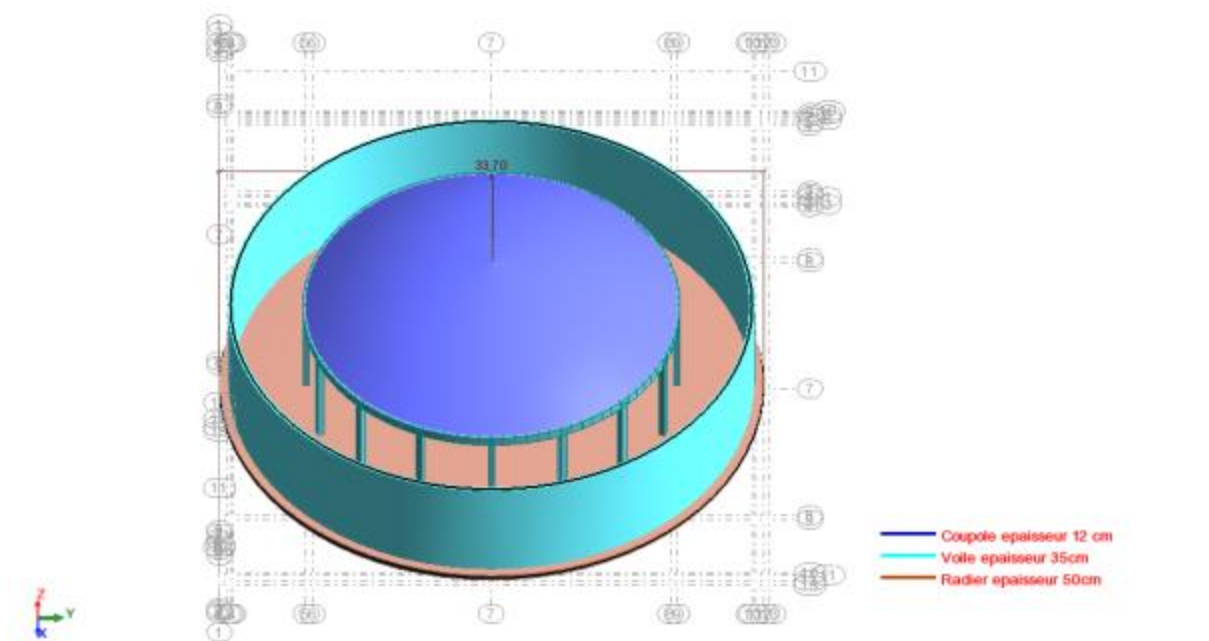


Figure 38- Extrait de la vue 3D intérieure

Le module d'élasticité du sol a été égal à  $75000 \text{ KN/m}^3$  confèrent au sol d'essai.

### 1.2.2. Charges et combinaisons :

Tableau 3-Tableau des charges.

Cas	Type de charge	Liste									
1:PP	poids propre	5 7A123 125	Structure entière	-Z	Coef=1,00	MEMO:					
2:eau radier	(EF) surfacique uniforme	5_REF(1 2)	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-62,50	global	non projetés	absolues	Limitations	MEMO:	
3:eau voile	(EF) pression hydrostatique	5_COTE(1)	P=0,0	GA=-1000,0 0	h=6,25	-Z	Limitations	MEMO:			
4:Q100	(EF) surfacique uniforme	123 125	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-1,00	global	non projetés	absolues	Limitations	MEMO:	

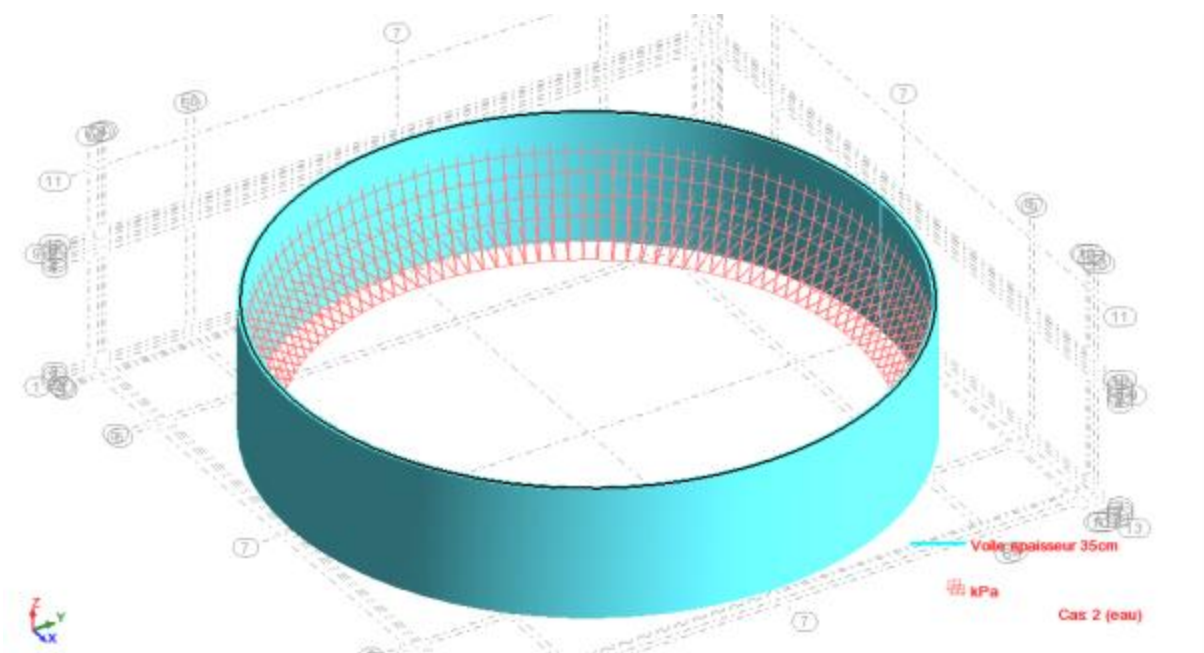


Figure 39- Répartition de la charge hydrostatique sur la paroi.

### Combinaisons des charges :

Tableau 4- Combinaison de charges.

Combinaison	Nom	Type d'analyse	Type de la	Nature du cas	Définition
5 (C)	COMB1	son linéaire linéaire	EFF		$1*1.35+(2+3+4)*1.50$
6 (C)	COMB2	son linéaire linéaire	EFF		$(1+2+3+4)*1.00$

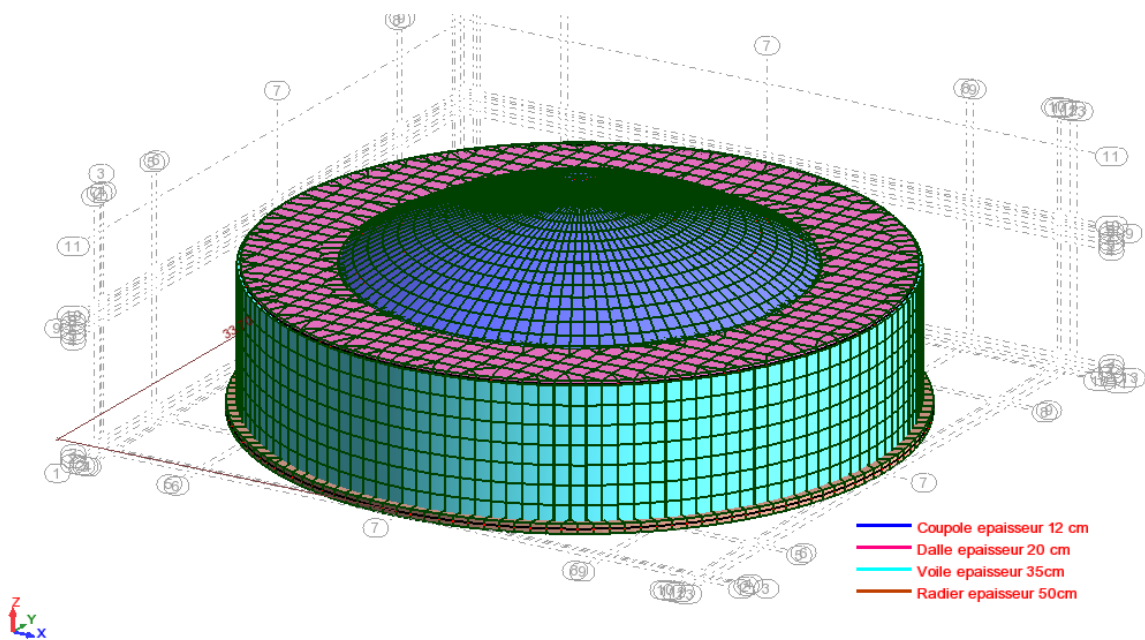


Figure 40- Maillage de la structure.

## Chapitre 2 : Devis quantitatif des travaux

### Introduction :

Lorsque nous volons réaliser un devis, nous devons connaître certains procédés techniques propres à l'élaboration de ce dossier. Parmi les éléments que nous devons dominer figure la maîtrise du calcul, des notions approfondies de l'utilisation du tableur Excel, ainsi que l'établissement du devis quantitatif. Dans cette rubrique, nous allons nous intéresser sur ce dernier point.

### II.2. Définition d'un devis quantitatif :

Un devis quantitatif est par définition un document préparatoire nécessaire à la confection du devis estimatif. Ce dossier doit comporter plusieurs informations concernant le service demandé.

Lors de la réalisation d'un devis quantitatif, le prestataire de service doit faire un inventaire des

matériaux et produits nécessaires pour la réalisation des travaux. Ces données sont détaillées dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP).

### **II.3. Devis quantitatif détaillé :**

Le contenu du devis quantitatif comprend :

- Les numéros des prestations,
- Les descriptions des prestations vendues,
- Les unités,
- Les quantités des produits.

Comme nous pouvons le constater, l'objectif de ce travail est de proposer un devis quantitatif dont nous avons besoin pour accomplir le projet. Les chiffres représentés dans ce document sont assez fixes. Nous devons l'établir bien avant le démarrage des travaux. Il s'agit en réalité du premier dossier à déterminer avant d'élaborer le devis estimatif qui met en avant les coûts et le problème d'écart de prix.

### **Devis quantitatif du réservoir :**

Tableau 5- Devis quantitatif du réservoir.

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE
01	Déblai en grande masse à toutes profondeurs de toutes natures du réservoir, y compris toutes manutentions par moyens mécaniques ou manuels, la mise en œuvre, dégagement, étais, blindage, épuisement et toutes sujétions éventuelles.	M3	2800
02	Remblais en terre tamisée des fouilles, exécution par couche de 0,30 m d'épaisseur arrosée et damée, y compris réglage de nivellement suivant cote du projet.	M3	1200
03	Transport des terres à la décharge publique des terres provenant de déblais compte tenu de leur foisonnement, y compris tous frais de dépôt à la décharge.	M3	2200
04	Béton de propreté dosé à 150 kg/m <sup>3</sup> en CPA 325 ou équivalent, débordant de 10 cm sous le radier, y compris toutes sujétions de bonne exécution.	m3	120
05	Béton armé dosé à 400 kg/m <sup>3</sup> en CPA 325 ou équivalent, pour la structure du réservoir, y compris coffrage et ferrailage avec toutes sujétions de bonne exécution d'un béton étanche.	m3	810
06	Fourniture et pose d'un joint Water Stop agréé par l'Ingénieur de contrôle, largeur supérieure à 30 cm, y compris toute condition de bonne exécution.	M1	80
07	Réalisation d'un système de drainage au dessus et autour du réservoir, avec canalisations et regards suivant indication du plan.	M2	1900
08	<p>Enduit étanche sur les surfaces intérieures de la cuve d'une épaisseur de 2 cm adjuvanté de deux ajouts spéciaux , l'un pour étanchéité et l'autre pour la reprise , en trois couches dosées à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 300 kg/m<sup>3</sup> de ciment pour la 1 ère couche</li> <li>- 450 kg/m<sup>3</sup> de ciment pour la 2 eme couche</li> <li>- 600 kg/m<sup>3</sup> de ciment pour la 3 eme couche.</li> </ul> <p>Enduit ordinaire dosé à 400 kg/m<sup>3</sup> de ciment sur les surfaces</p>	M2	1200

09	extérieures du réservoir, épaisseur 1,5 cm, y compris toutes sujétions éventuelles.	M2	500
10	Etanchéité en flint kot en deux couches pour les surfaces externes de l'infrastructure.	M2	600
11	Peinture vinylique sur les faces extérieures apparentes du réservoir, y compris toutes sujétions éventuelles.	M2	1200
12	Etanchéité multicouche sur la coupole de couverture et la dalle, y compris toute sujétions éventuelles.	U	01
13	Accessoires pour la cuve du réservoir : - Couvercle métallique sur la dalle pour l'accès. - Echelle en acier galvanisé à l'intérieur du réservoir.	U	01
14	Exécution d'un trottoir en béton b = 2 m, autour du réservoir.	MI	140
15	Réalisation d'une chambre de vannes en béton armé dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> , de dimensions 8,4 x 6,4 x 6 mètres, conformément au plan d'exécution, y compris toute sujétions éventuelles.	U	01
16	Fourniture et pose des pièces des équipements du réservoir et de la chambre de vannes conformément à la nomenclature du plan des équipements.	FFT	01
17	Réalisation d'une clôture en dur, h = 3 m, autour du réservoir, ainsi qu'une portail métallique de 4,00 m x 3,00 m, y compris toute sujétions éventuelles.	MI	250
18	Nettoyage et désinfection dans les conditions suivantes : - Evacuation des dépôts par balayage énergétique. - Mise en eau jusqu'à 30 cm au dessus du fond de la cuve. - Dissolution du produit de permanganate de potassium. - Brossage du fond et des parois de la cuve. - Remplissage jusqu'au trop plein. - Après 04 heures d'action chimique de désinfection, vidange de la cuve.	FFT	01
19	Epreuve d'étanchéité des deux cuves y compris fourniture de l'eau (5000 m <sup>3</sup> ).	FFT	01



# Conclusion générale

## Conclusions générales

Dans ce travail on a présenté l'étude d'un réservoir d'eau en béton armé de capacité 5000 m<sup>3</sup> sis à la zone industrielle de Mechta Fatima, et ceci dans le but de répondre aux exigences des différents documents de base, règlements de calcul, et exigences techniques.

Notre thème nous a permis non seulement d'élargir nos connaissances dans le domaine de construction des structures en béton armé qui est un domaine très vaste, au terme de ce travail, nous avons élaboré ce qui suit :

- ✓ Recherche bibliographique : synthèse bibliographique en relation avec le sujet proposé.
- ✓ Calcul hydraulique : détermination de la forme optimale et capacité du réservoir.
- ✓ Dimensionnement génie civil : présentation des différentes méthodes de dimensionnement des réservoirs en béton armé, détermination des différentes sollicitations au niveau du réservoir, et calcul du ferrailage correspondant.

Le calcul Génie Civil a été mené par les méthodes manuelles, comparées avec un calcul automatique en utilisant le Logiciel Robot bat.

- ✓ Un devis quantitatif pour élaborer le dossier d'exécution avec le tableau des quantités.

Nous estimons qu'il est de notre pouvoir de réaliser un réservoir d'eau tout en apportant une stabilité à l'ouvrage pour entre autre sauver des vies humaines et assurer sa durabilité dans le temps.

En fin, nous espérons que ce présent projet soit fort bénéfique du côté pédagogique et puisse servir les futures promotions.

## Références de bibliographiques

1. Bonnin, Jacques. "Hydraulique urbain".  
Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, 1977.
2. Lveur, A.Guerrin et R.C. "traité de béton armé (tome 06) : Réservoirs, châteaux d'eau, piscines", Paris, Dunod, 1968.
3. M. Belazougui. "Calcul des ouvrages en béton armé" OPU, 1991.
4. Règles bael 91 modifiées 99, "Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états-limites", Eyrolles - Collection Blanche BTP , 2000 (3eme édition).
5. BOUHOUY Y. et OUAR A. "Etude d'un réservoir d'eau de capacité 1500 m<sup>3</sup>" Mémoire de Master, 2014, Université Abderrahmane Mira de Bejaia.
6. BAHLOULI F. "Etude et dimensionnement d'un réservoir semi-enterré 1000 m<sup>3</sup> sis à EL ANASSER Wilaya de BBA", Mémoire de Master, Université de BBA, 2019.
7. <http://elearning.centre-univ-mila.dz/>. [En ligne] , consulté en juin 2022.
8. Document du BET : "hydro-Agro", S.A.R.L. EL BAHDJA. "Etude d'alimentation en eau industrielle de zone industrielle mechta ftaima".
9. Cours de l'université de mila . [En ligne], consultés en juin 2022.
10. André Guerrin, "Traité de béton armé. Tome VIII, Ouvrages enterrés", Paris, Dunod, 1970.
11. Halima, Benloumafek. "Projet de fin d'etudes : *Chateau d'eau V = 400 m<sup>3</sup> surléve de 20 m*".
12. André Guerrin, « Traite de béton armé – Tome 5 – toitures, voûtes, coupoles », Bordas Editions (8 février 1993).