



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Civil

### Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état  
en génie civil

### Thème

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique



Proposé par

**HYDRO-AMÉNAGEMENT**

Dirigé par

**M<sup>r</sup> R.BOUTEMEUR**

Étudié par

**DAHOUN Ali**

**BELGUIDOUM Abderrahim**

Promotion 2000

E.N.P 10, Avenue Hassen Badi, 16200 EL-Harrach, Alger





المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Civil

## Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état  
en génie civil

### Thème

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique



Proposé par

HYDRO-AMÉNAGEMENT

Dirigé par

M<sup>r</sup> R.BOUTEMEUR

Étudié par

DAHOUN Ali

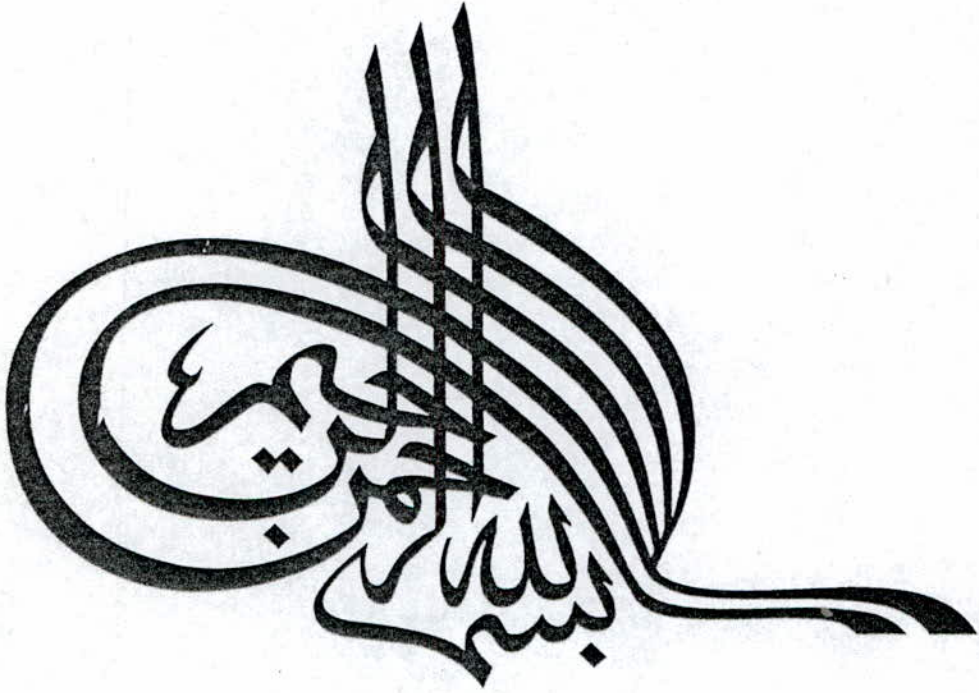
BELGUIDOUM Abderrahim

Promotion 2000

E.N.P 10, Avenue Hassen Badi, 16200 EL-Harrach, Alger



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique



## Remerciements

*Nous tenons à remercier Dieu qui nous a donné la volonté et le courage afin d'arriver à la finalité de ce travail.*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur M.R.BOUTEMMEUR pour l'intérêt qu'il a porté notre étude et pour toute l'aide et le soutien durant le travail.*

*Nous tenons à adresser nos remerciements à tous les gens de l'hydro-aménagement pour leur aide en particulier M. A TALLACHE et M.GRICHE .*

*Nous remercions aussi M.Toufik , M.Radouane , M<sup>elle</sup>.CHABA., M.LABIRI , M.Yazid , Fouaz, Kamel, Abdelkader HIMA, M.Ramdhani. pour l'aide qu'ils nous a porté et leurs disponibilités.*

*Ainsi, nous remercions et nous respecte au membre du jury M.ZEGHLACHE , M.BIOUD Mme CHIKH qui nous ferons l'honneur d'examiner notre modeste étude.*

*Nos remerciements vont aussi aux enseignants qui ont participé à notre formation.*

*a toute la promotion 2000., sans oublier les gens de la bibliothèque et tous ce qui nous aidé de prés ou de loin.*

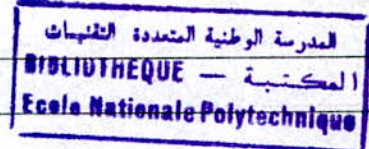


## NOTATIONS

$f_{c28}$ : Résistance à la compression à 28 jours	$Q_{ser}$ : Charge de calcul à l'ELS
$f_{t28}$ : Résistance à la traction à 28 jours	$\lambda$ : L'élancement
$\gamma_b$ : Coefficient de sécurité	$l_f$ : longueur de flambement
$\sigma_b$ : Contrainte du béton à l'ELS	$B$ : aire de la section du béton
$\sigma_b$ : Contrainte admissible du béton à l'ELS	$A_{br}$ : section réduite de béton
$\tau_u$ : Contrainte de cisaillement à l'ELU	$s$ : Espacement
$\tau_u$ : Contrainte admissible de cisaillement	$s_t$ : espacement transversal
$E_{ij}$ : module de déformation instantanée du béton	$M_{tu}$ : moment de torsion à l'ELU
$E_{vj}$ : Module de déformation différé du béton	$\tau_{ut}$ : Contrainte tangentielle de torsion
$\nu$ : Coefficient de poisson	$HA$ : haute adhérence
$f_e$ : Limite élastique de l'acier	$RL$ : rond lisse
$\varepsilon$ : La déformation	$M_u$ : moment fléchissant à l'ELU
$E_s$ : module d'élasticité de l'acier	$M_{ser}$ : moment fléchissant à l'ELS
$F_{su}$ : Contrainte de l'acier à l'ELU	$N_{ser}$ : Effort normal à l'ELS
$\gamma_s$ : Coefficient de sécurité	$V_u$ : Effort tranchant à l'ELU
$\sigma_s$ : Contrainte de l'acier à l'ELS	$H$ : Effort horizontal
$\sigma_s$ : Contrainte admissible l'acier	$f$ : la flèche
$\mu$ : Coefficient de fissuration	$\Phi_l$ : Diamètre des armatures longitudinales
$n$ : Coefficient d'équivalence	$\Phi_t$ : Diamètre des armatures transversales
$Z$ : Bras de levier	$A.N$ : Application numérique
$y$ : Position de l'axe neutre	$C$ : Coefficient de cohésion
$d$ : hauteur utile	$(Nac)_{dyn}, (Nay)_{dyn}, (Naq)_{dyn}$ : Coefficient de pression de la terre en cas dynamique
$d'$ : L'enrobage	$(Nac)_{stat}, (Nay)_{stat}, (Naq)_{stat}$ : Coefficient de pression de la terre en cas statique
$l$ : Longueur	$P_i$ : Actions d'impulsion (HOZNER)
$b$ : Largeur	$P_o$ : Actions d'oscillation (HOZNER)
$h$ : hauteur	$\eta$ : Coefficient de pression
$A_s$ : Section d'armature tendue	$a_m$ : Accélération maximale du sol
$A_{sc}$ : Section d'armature comprimée	$a(t)$ : Accélération du sol en fonction du temps
$A_{smin}$ : section d'armature minimale	$S_a$ : spectre de réponse des accélération
$I$ : le moment d'inertie	
$\mu_{bu}$ : Moment réduit à l'ELU	
$\mu_{tu}$ : moment limite à l'ELU	
$P$ : poids	
$Q_u$ : Charge de calcul à l'ELU	



## LISTE DES FIGURES



N <sup>o</sup>	TITRE
I-1	La coagulation selon la nouvelle théorie de la coagulation-floculation
I-2	Représentation schématique de la chaîne de traitement
II-1	Représentation schématique de la station de traitement des eaux de barrage plant
II-2	Vue en plan de la station
III-1	Diagramme contraintes- déformations des aciers a L'ELU
IV-1	Les forces sollicitations un mur retenant un sol (c- $\phi$ )
IV-2	(Nac) <sub>stas</sub> en fonction de $\phi$ pour n=0
IV-3	(Nap) <sub>stas</sub> en fonction de $\phi$ pour n=0
IV-4	(Nar) <sub>stas</sub> en fonction de $\phi$ pour n=0
IV-5	$\lambda$ en fonction de l'angle de rupture
V-1	Réservoir cylindrique- système physique et système mécanique équivalents
V-2	Modèle à une masse passive $M_i$ et deux masses actives $M_{01}, M_{02}$
V-3	Organigramme de la méthode de HOSNER
VII-1	Organigramme du SAP90
VIII-1	Forme indéformable de la structure
VIII-2	La partie mélangeur flocculateur
VIII-3	La partie décanteur
VIII-4	Diagramme de pression
VIII-5	Chargement d'effort de l'eau en cm de SIESME
VIII-6	Eléments poteau- poutre
VIII-7	Déformée des voiles
VIII-8	Diagramme des moments
VIII-9	Ferraillage des voiles VI VIII
VIII-10	Déformation des voiles
VIII-11	Diagramme des moments
VIII-12	Ferraillage des poutres
VIII-13	Déformation des poutres
VIII-14	Diagramme des forces
IX-1	Déformation du radier
IX-2	Diagramme des moments



---

**TABLE DES MATIERES**

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

**LISTE DES FIGURES**  
**LISTE DES TABLEAUX**  
**NOTATION**

**INTRODUCTION GENERALE** ..... 01

**CHAPITRE I :**

**GENERALITES SUR LES TRAITEMENTS DES EAUX**

I.1 INTRODUCTION .....	03
I.2 DESCRIPTION DES PROCEDES DE TRAITEMENT .....	04
I.2.1 Pré traitement .....	04
I.2.2 Traitement de clarification.....	04
I.2.3 Le traitement bactéricide et virulicide.....	06

**CHAPITRE II :**

**DESCRIPTION GENERAL DE STATION**

II.1 GENERALITES .....	07
II.2 DESCRIPTION DE LA CHAINE DE TRAITEMENT .....	07
II.2.1 Regard de réglage.....	07
II.2.2 Cascade d'aération.....	07
II.2.3 Bassin de mélange .....	08
II.2.4 Floculateur.....	08
II.2.5 Décanteur.....	08
II.2.6 Filtres.....	08
II.2.7 Salle désinfection.....	08
II.3 PRESENTATION DE LA STATION (MELANGEUR-FLOCULATEUR-DECANTEUR) ...	10

**CHAPITRE III :**

**CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX**

III.1 BETON.....	16
III.1.1 Résistance a la compression.....	16
III.1.2 Résistance a la traction.....	16
III.1.3 Contraintes limites.....	17
III.1.4 Module d'élasticité.....	18
III.1.5 Composition des bétons.....	18

III.2 ACIERS.....	19
III.2.1 Limite d'élasticité garantie $f_e$ .....	19
III.2.2 Module d'élasticité longitudinale.....	19
III.2.3 Allongement élastique.....	19
III.2.4 Contraint a l'état limite ultime.....	20
III.2.5 Contraint a l'état limite de service.....	20
III.3 BÉTON ARME.....	21
III.3.1 Le poids spécifique du béton armé.....	21
III.3.2 Le coefficient de poisson.....	21
III.4 AUTRES DISPOSITIONS ET HYPOTHÈSES.....	21
III.4.1 Enrobage des armatures.....	21
III.4.2 État limite d'ouverture des fissures.....	22
III.4.3 Application des charges.....	22
III.4.4 Hypothèse de calcul.....	22

**CHAPITRE IV :****ACTION DE LA TERRE EN SÉISME**

IV.1 INTRODUCTION.....	24
IV.2 MÉTHODES DE CALCUL.....	24
IV.2.1 méthode statique équivalent.....	24
IV.2.2 méthode dynamique directe.....	25
IV.3 CALCUL DE L'ACTION DE LA TERRE EN SÉISME.....	25
IV.3.1 expression des forces.....	25
IV.3.2 point d'application.....	28
IV.3.3 Application pour le cas de la station.....	28

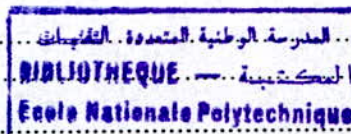
**CHAPITRE V :****ETUDE HYDRODYNAMIQUE**

V.1 INTRODUCTION.....	31
V.2 PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE DE HOZNER.....	32
V.2.1 Action d'impulsion.....	33
V.2.2 Action d'oscillation.....	34
V.2.3 Organigramme de calcul.....	35
V.3 CALCUL DES ADTION HYDRODYNAMIQUE DANS LES BESSIN S.....	38
V.3.1 Action de l'eau en séisme suivant X.....	38
V.3.2 Action de l'eau en séisme suivant Y.....	41



**CHAPITRE VI :****LES COMBINAISONS DES CHARGES**

VI.1 ACTIONS .....	43
<i>VI.1.1 Actions permanentes (G)</i> .....	43
<i>VI.1.2 Actions variables (Q)</i> .....	43
VI.2 SOLLICITATIONS DE CALCUL.....	43
VI.3 COMBINAISONS DE CALCUL .....	44

**CHAPITRE VII :****PRESENTATION DU LOGICIEL SAP90**

VII.1 PRÉSENTATION DU SAP90.....	47
<i>VII.1.1 Modélisation</i> .....	47
<i>VII.1.2 Fonctionnement</i> .....	49
<i>VII.1.3 L'obtention des fichiers résultats</i> .....	49
<i>VII.1.4 Exploitation graphique « SAPLOT »</i> .....	49
<i>VII.1.5 Organisation du fichier de donnée</i> .....	50
VII.2 ANALYSE.....	51
<i>VII.2.1 Analyse statistique</i> .....	51
<i>VII.2.2 Analyse dynamique</i> .....	51

**CHAPITRE VIII :****DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE**

VIII.1 MODÉLISATION DE LA STRUCTURE .....	53
VIII.2 FICHIER DE DONNÉES.....	53
VIII.3 FÉRAILLAGE DES ÉLÉMENT .....	59
<i>VIII.3.1 Calcul de la dalle</i> .....	59
<i>VIII.3.2 Calcul des voiles</i> .....	66
<i>VIII.3.3 Calcul de la poutre</i> .....	70

**CHAPITRE IX :****CALCUL DU RADIER**

IX.1 CONTRAINTE DU RADIER SUR LE SOL DE FONDATION.....	73
<i>IX.1.1 Efforts exercés</i> .....	73
<i>IX.1.2 Contrainte dans le sol</i> .....	75
IX.2 DIMENSIONNEMENT DU RADIER.....	76
<b>CONCLUSION GÉNÉRAL</b> .....	79
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>ANNEXE</b>	

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# INTRODUCTION GENERALE



---

## INTRODUCTION GÉNÉRALE :

---

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent plus à assurer la demande en eau potable, il devient nécessaire d'utiliser les eaux de surface.

Mais, les eaux de surface doivent subir des modifications physiques, chimiques et biologiques pour les rendre potables. Pour cela, il faut donc les traiter par des moyens appropriés qui sont très coûteux et qui demandent une main-d'œuvre spécialisée.

Parmi ces moyens nous citerons, particulièrement les stations de traitement des eaux, l'objet de notre travail est justement, l'étude d'une station de traitement des eaux. Pour ce faire le travail, présenté est organisé comme suit :

- Le premier chapitre précise les différents procédés de traitement des eaux.
- Le deuxième chapitre présente l'ouvrage, ses dimensions, son implantation et les différents éléments constituant.
- Le troisième chapitre précise les caractéristiques des matériaux utilisés et les hypothèses de calcul.
- Les différentes actions et leurs combinaisons sont représentées dans les chapitre IV, V et VI.
- Les efforts internes ont été déterminés à l'aide du logiciel de calcul des structures SAP90, qui est présenté dans le chapitre VII.

- Le calcul et le ferrailage des éléments résistants de l'ouvrage sont dans les chapitres VIII et IX.
- La conclusion générale met l'accent sur l'intérêt de cette étude et les difficultés rencontrées notamment dans l'étude spatiale de la structure complète.



# CHAPITRE I

## GENERALITES SUR LES TRAITEMENTS DES EAUX

*« construire c'est collaborer avec la terre ; c'est  
mettre une marque sur un paysage qui  
sera modifié à jamais... »*

**MARGUERITE YOURCENAR**

## **CHAPITRE I**

### **GENERALITES SUR LES TRAITEMENTS DES EAUX**

#### **I-1-INTRODUCTION :**

Dans le monde, l'eau recouvre près de 71% de la surface de la terre. Le pourcentage de l'eau salé est 97% tandis que l'eau douce ne présente qu'environ 3% de l'ensemble des ressources en eau réparties en eaux souterraines, eaux superficielles et les eaux de sources.

- ***L'importance de l'eau :***

L'eau est l'élément le plus important de toute matière nécessaire à la survie et au développement de la société moderne.

Parmi les principaux mode d'utilisation de l'eau , on cite :

- L'alimentation en eau potable.
- L'alimentation en eau industrielle.
- L'alimentation en eau pour l'agriculture.
- L'exploitation des hydroélectriques.

- ***L'eau potable :***

A l'heure actuelle, la disponibilité en eau de bonne qualité est indispensable pour bien survivre.

Parmi les caractéristiques qualitatives exigées pour l'eau potable , on cite :

- Claire, inodore, de saveur agréable.
- Pauvre en germe microbien.
- Ne renferme pas des substances chimiques toxiques.

Dans le monde, les eaux qui répondent à ces conditions sont peu nombreuses d'où la nécessité de traitement des eaux ; à cet effet un grand défi est lancé pour équilibrer la satisfaction des besoins actuels et futures populations.

- ***Le traitement des eaux :***

Les eaux de surface devraient subir des traitements physiques, chimiques, biologiques qui les rendent potable, pour cela on prévoit des moyens appropriés qui sont très coûteux et qui demandent une main d'œuvre qualifiée.

Pour traiter les eaux superficielles, nous avons deux types de traitement :



1. Traitement biologique (chaîne de traitement CHABAL).
2. Traitement physico-chimique.

Dans les chaînes de traitement moderne, on utilise le procédé physico-chimique qui consiste en trois phases :

- 1- Pré traitement.
- 2-Traitement de clarification.
- 3-Traitement bactéricide et virulicide.

## **I-2. DESCRIPTION DES PROCÉDES DE TRAITEMENT DES EAUX :**

La chaîne de production des eaux potable comprend les trois phases principales suivantes :

### **I- 2.1 Pré traitement :**

Il consiste à faire un dégrillage et un dessablage afin d'éliminer les particules de grosse taille ; les branches et le sable. En suite l'eau passe dans un bassin de sédimentation ou bassin de débouillage afin que les particules supérieures qui ont 01 microns de diamètre se décantent naturellement.

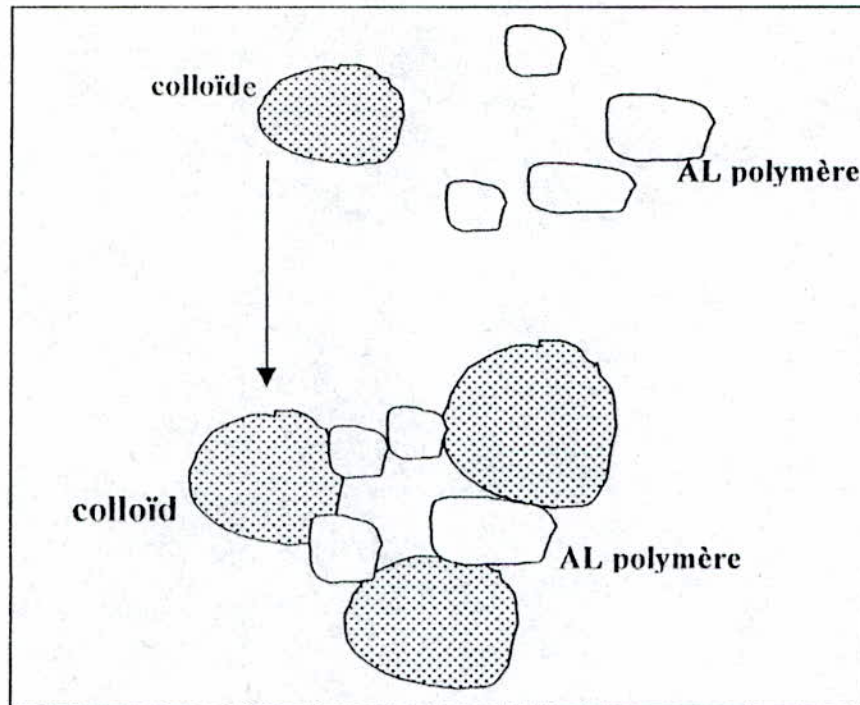
### **I- 2.2 Le traitement de clarification :**

#### ***a- Coagulation – floculation ( Phase de croissance ):***

Les matières en suspension organiques et minérales et les substances colloïdes peuvent être éliminées par une coagulation. La coagulation consiste à l'addition d'agents chimiques à une dispersion de colloïde en vue de déstabiliser de manière à les rassembler sous forme de floes .

La floculation est effectuée dans des bassins munis de systèmes d'agitation qui tournent relativement lent. Mais suffisamment vite pour assurer le grossissement progressif du floes et empêcher le dépôt des sédiments sur le fond du bassin.

Le mécanisme de la coagulation est un processus de stabilisation de particules par les polymères d' $AL_3^+$  et  $Fe_3^+$ .



**Fig I-1 : La coagulation selon la nouvelle théorie de la coagulation- floculation**

### *b- Décantation :*

La décantation a pour but de laisser se déposer les floccs décantables et par la suite il faudra les retenir par le filtre.

Pour cela on distingue plusieurs types de décanteurs :

- \* Décanteur a écoulement horizontal.
  - Parallelepipedique.
  - Circulaire.
- \* Décanteur a écoulement vertical.
  - Avec un lit de boue
  - A charge solide artificielle.

### *c- Filtration :*

La filtration est le procédé de séparation solide liquide, la méthode consiste à faire passer l'eau chargée de matières solides sur une colonne remplie d'un matériau inerte, exemple le sable.



### I- 2.3 Le traitement bactéricide et virulicide :

Cette étape est aussi appelée affinage car c'est la phase d'inactivation et éventuellement de destruction des bactéries et des virus grâce à l'action d'oxydants variés . les oxydants les plus utilisés sont : le chlore , l'ozone , les rayons U.V.

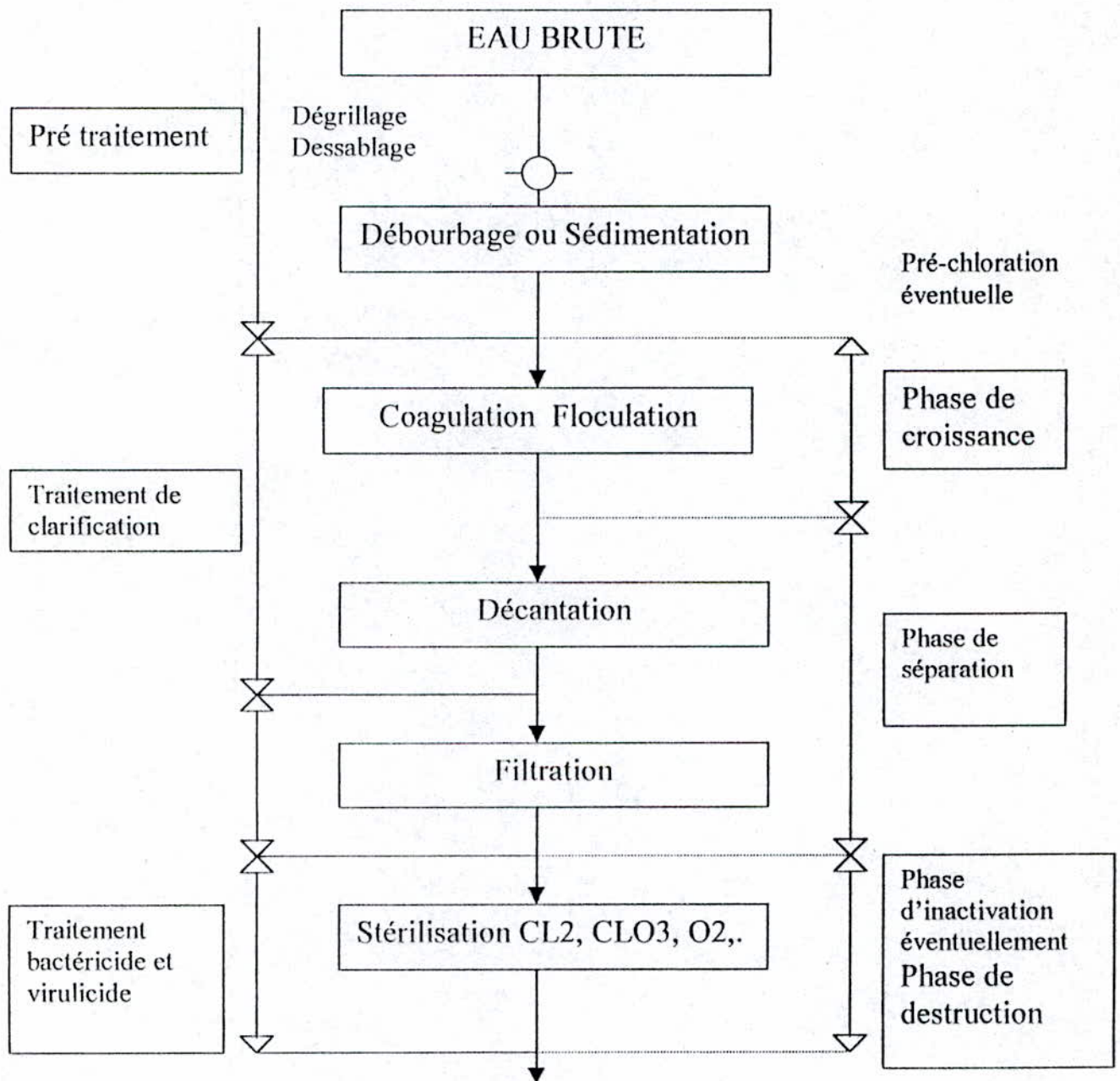


Fig I-2 : Représentation schématique de la chaîne de traitement de l'eau de consommation .

# CHAPITRE II

## DESCRIPTION GENERAL DE LA STATION

*« On fait de la science avec des faits, comme on fait une maison  
avec des pierres, mais une accumulation de faits n'est pas  
plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison »*

**POINCARÉ**



---

## **CHAPITRE II**

### **DESCRIPTION GENERAL DE LA STATION :**

---

#### **II-1 GENERALITES :**

Le projet consiste à étudier une station de traitement des eaux qui proviennent du barrage de BOUKOURDANE alimenté par Oued EL HACHEM dans la wilaya de TIPAZA.

Cette station est située au sud ouest de la wilaya de TIPAZA dans la commune de SIDI AMAR sur le rivage gauche de Oued EL HACHEM dans un terrain agricole .

La région de SIDI AMAR est située en zone II et la station est classée dans le groupe d'usage 2 .

Le terrain est presque plat ; les côtes actuelles se situent entre 59.00 et 59.50 m de niveau de la mer.

La station est conçue pour traiter un débit de 200L/s soit 1728 m<sup>3</sup> /j.

#### **II-2 DESCRIPTION DE LA CHAINE DE TRAITEMENT :**

La station de traitement des eaux de BOUKERDENE comprend les ouvrages suivants ( voir figure II- 1 ) :

##### **II-2-1 Regard de réglage :**

La tuyauterie d'eau brute en provenance de barrage est d'un tuyau DN 800. Pour l'isolation de la station de traitement une vanne DN 800 est prévue .

##### **II-2-2 Cascade d'aération :**

Elle est en forme de pyramide, équipée par des vannes murales, qui permettent l'isolation de chaque moitié de la cascade .

### **II-2-3 Bassin de mélange :**

Il s'agit de la première étape du traitement physico-chimique c'est à dire l'étape d'introduction des agents de floculation .L'injection des réactifs s'effectue directement en amont de ce bassin .

### **II-2-4 Flocculateur :**

La floculation est une étape fondamentale du processus d'ensemble de clarification , les bassins de floculation sont au nombre de deux , chaque bassin a un volume de  $120 \text{ m}^3$  , ces bassins sont équipés avec des agitateurs lents.

L'eau, ainsi floculée quitte le compartiment central par la partie basse opposée et alimente le compartiment de décantation.

### **II-2-5 Décanteur :**

Après la formation de macroflocs , l'eau s'écoule vers les bassins de décantation qui sont équipés par des plaques en PVC .

La boue qui s'est déposée sur les plaques en PVC glisse est collectée dans des poches de boue. Chacune de ces dernières est équipée avec un système de prélèvement de boue indépendant des autres, pour assurer une évacuation uniforme des boues sur l'ensemble du décanteur.

### **II-2-5 filtres :**

L'admission de l'eau sur chaque filtre se fera par l'intermédiaire de 4 vannes normale de dimension  $250 \times 250 \text{ mm}$ .

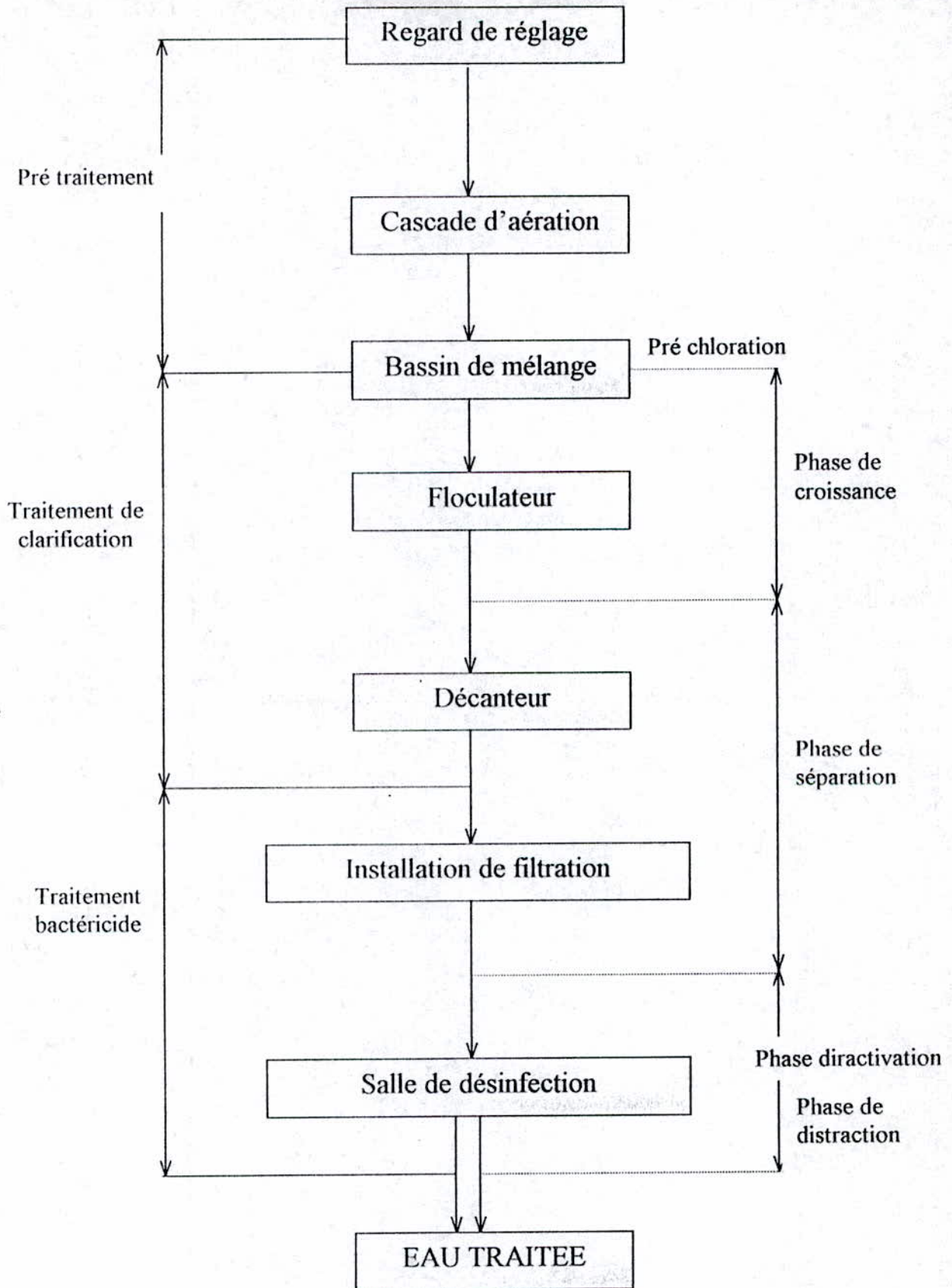
Après le passage à travers la vanne , l'eau se déversera dans les filtres. les déversoirs ont pour but d'assurer une répartition régulière sur chaque filtre

### **II-2-6 Salle de désinfection : « Système de dosage »**

Les installations de dosage suivants ont été prévues

- a- Dosage de sulfate d'aluminium.
- b- Dosage de lait de chaux.
- c- Dosage de permanganate de potassium.
- d- Dosage de chlore pour le pré et postchloration.





**Figure II – 1 Présentation schématique de la station de traitement des eaux de barrage de BOUKOURDANE**

## **II- 3 PRESENTATION DE LA STATION « MÉLANGEUR RAPIDE – FLOCCULATEUR – DÉCANTEUR » :**

Afin de tenir compte du comportement général des différents éléments de la structure et de l'interaction des différentes parties de la station entre elles, on a traité la partie « Mélangeur rapide – Flocculateur – Décanter » de l'ouvrage en trois dimensions.

La présente structure se compose de trois parties, le Mélangeur rapide, qui est un regard de 2.0 x 1.7 m de dimension interne et dont le niveau radier est à 61.2 m, l'eau se déverse par la suite dans le Flocculateur composé de deux bassins de 5.40 x 7.45 m de dimension interne avec une hauteur des voiles de 3.80 m à partir du niveau 61.20. Voir (figure VIII.2)

La dernière partie est constituée par le DÉCANTEUR qui se compose de deux parties de 13.20 m x 7.45 m avec une hauteur des voiles de 6.50 m et des voiles inclinés en bas. Voir (figure VIII-3)

### ***a - Radier :***

Le niveau du radier est situé à 1 m au-dessous du terrain naturel, dans le bon sol.

- Longueur : 20.52 m .
- Largeur : 15.51 m .
- Épaisseur : 0.40 m .

### ***b - Parois verticales :***

Les parois verticales sont constituées par des voiles dans la nomenclature est conforme aux figure II-1. On distingue

#### ***b-1 \* Les voiles V1, V3 :***

De hauteur 6.50 m et d'épaisseurs de 30 cm, et de longueur 13.92 m.

#### ***b- 2 \* Les voiles V2 :***

De hauteur 2 m et d'épaisseurs de 30 cm, et de longueur 13.92 m.



**b- 3 \* Les voiles V6 , V8 :**

Ce sont des voiles munis d'ouvertures de dimensions 4 m × 1.2 m .

Les dimensions des voiles sont :

- Longueur : 5.7 m .
- Hauteur : 6.5 m .
- Épaisseur : 0.30 m .

**b- 4 \* Les voiles V4 :**

- Longueur : 15.21 m .
- Hauteur : 3.2 m .
- Épaisseur : 0.30 m .

**c- La dalle de niveau 61.2 m :**

- Longueur : 4.6 m
- Largeur : 15.31 m
- Épaisseur : 0.30 m .

**d- Les poteaux :**

De section 30 x 30 cm et de hauteur 2.30 m.

**e- Les poutres continues :**

De section 30 x 30 cm , et de portée 15.00 m .

**f- Les caniveaux :**

Ce sont des éléments préfabriqués de forme H . d'épaisseur 15 cm et de hauteur 1.28 m .

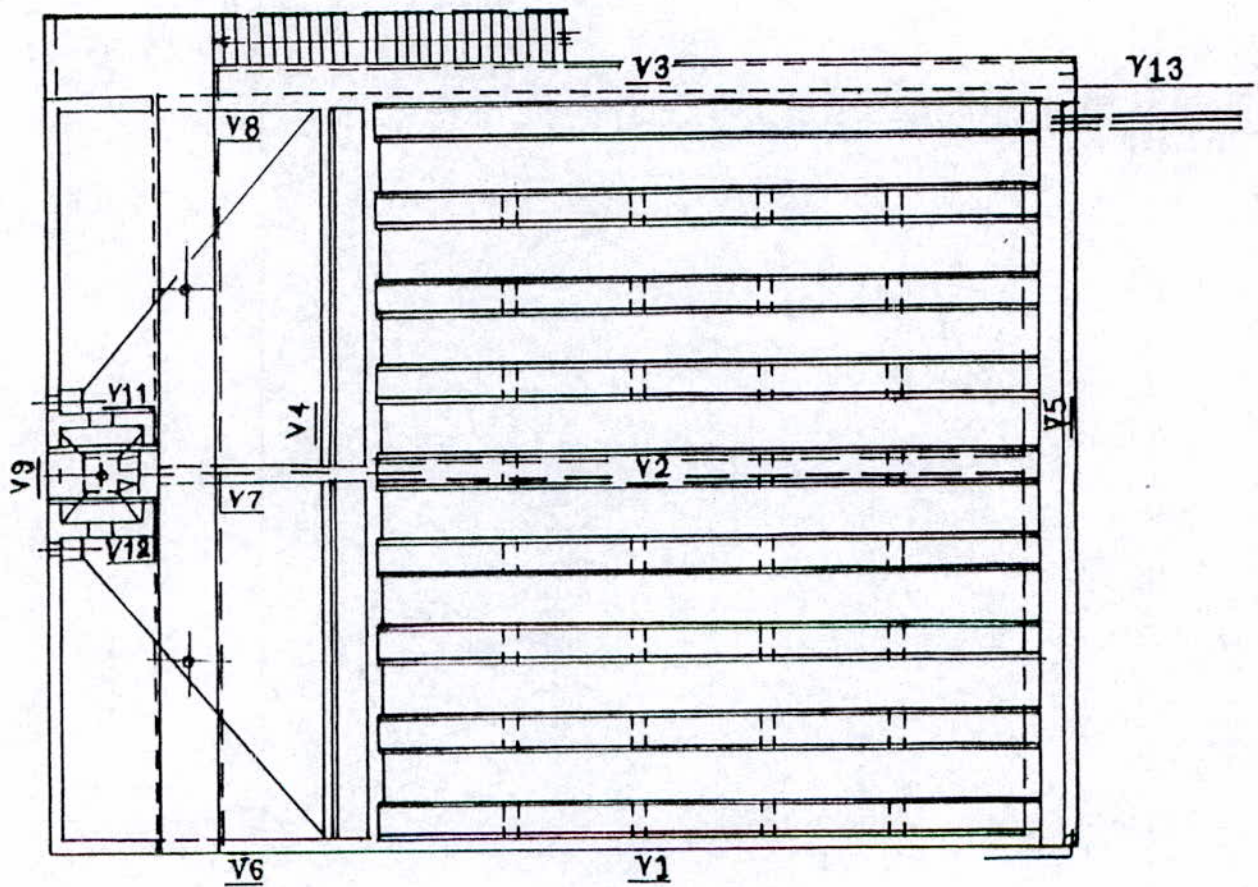
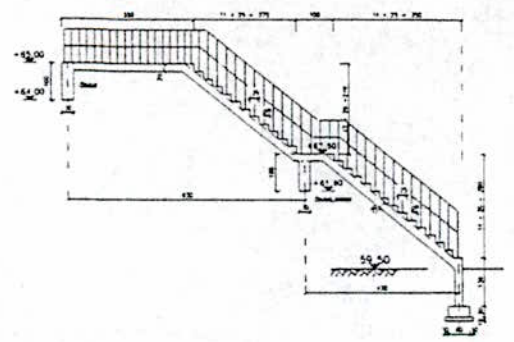
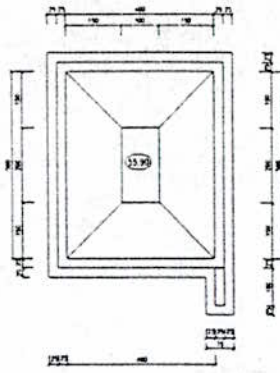
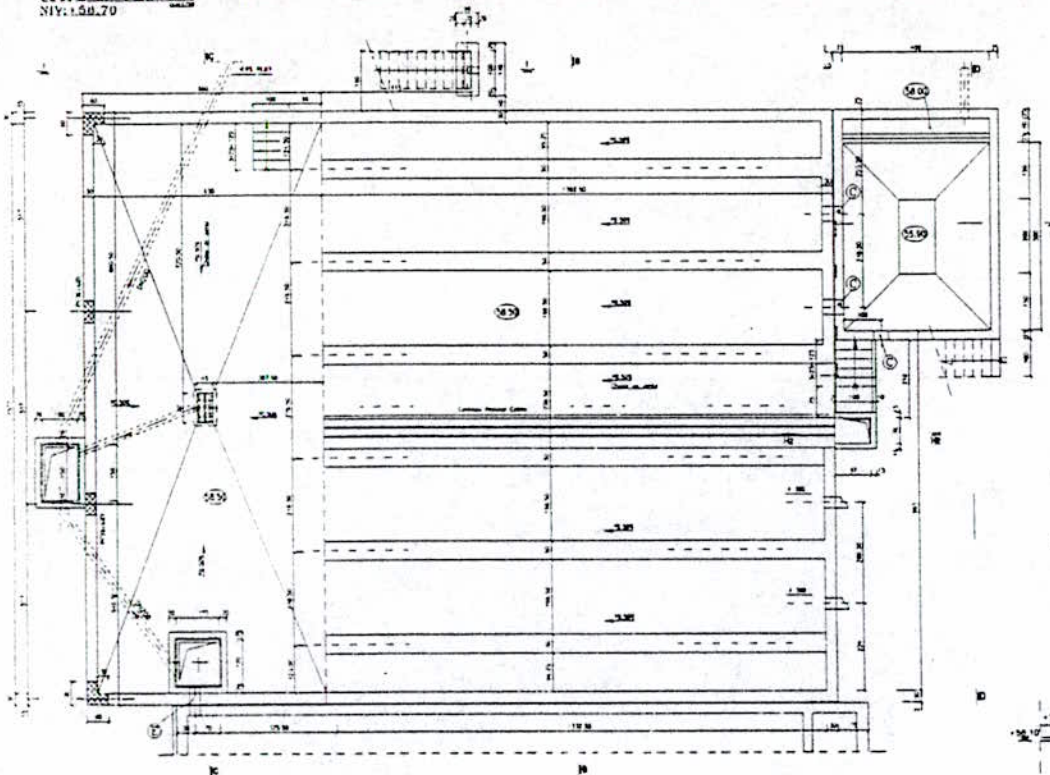


Figure II-2 : Vue en plan de la structure

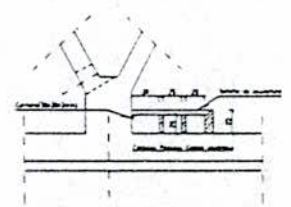
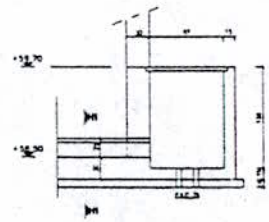
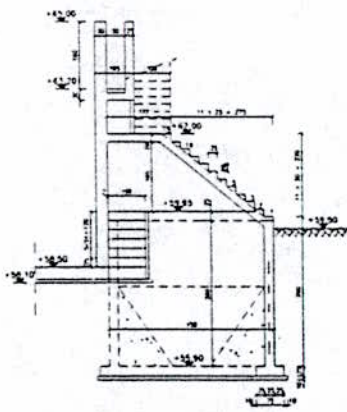




COUPE H-H

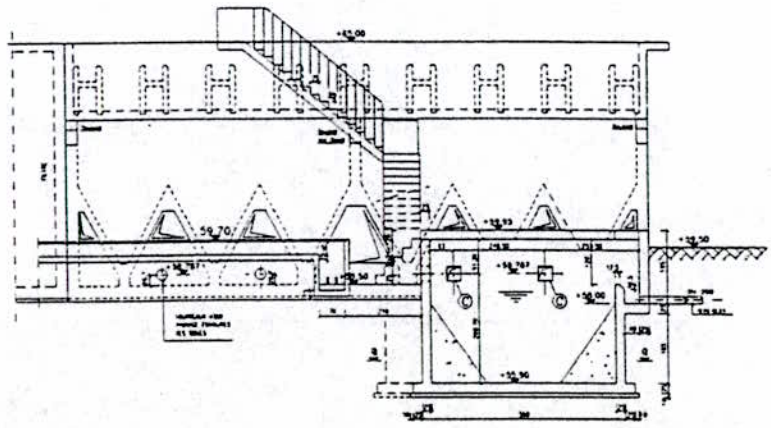
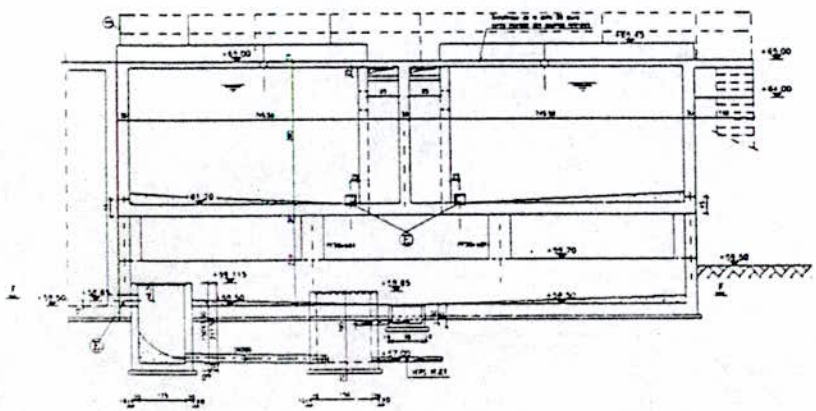
COUPE H2-H2

COUPE H1-H1



COUPE C-C

COUPE D-D



REFERENCES

- NOTE GENERALE
- INSTALLATION GENERALE
- TERMINATIONS GENERALES
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-1/4
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-2/4
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-3/4
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-1/2

- VOIR PLAN N° 98
- VOIR PLAN N° 100
- VOIR PLAN N° 101
- VOIR PLAN N° 102
- VOIR PLAN N° 103
- VOIR PLAN N° 104
- VOIR PLAN N° 105

RESERVOIRS

NO	SH	DIMENSIONS	UTILISATION	TYPE
A	1	70 x 70	EMISE D'EAU MELANGEUR RAPIDE	L'ITEM
B	30	200x100	EXTRACTION DE SABLES	L'ITEM
C	5	400x400	EMISE FOSSE A SABLES	L'ITEM
D	4	100x100	EMISE D'EGOUTTOIR	L'ITEM
E	3	300x300	EMISE	L'ITEM
F	2	200x100	EMISE FOSSE A SABLES ET A L'EMISE	L'ITEM
G	2	230x100	EMISE FLOCCULEUR	L'ITEM

VOUS AVEZ EN VOTRE POSSESSION

MAPPE DE L'EMBRACE

REALISATION EGAE CIVIL

PROJECTION ET DIRECTION

PROFESSEUR ET BUREAU D'ETUDES

MAISON DE PRODUCTION 5 RUE PRINCE DE BASSANO

CONSTRUCTION DE LA MAISON

MECANISME RAPIDE-FLOCCULEUR

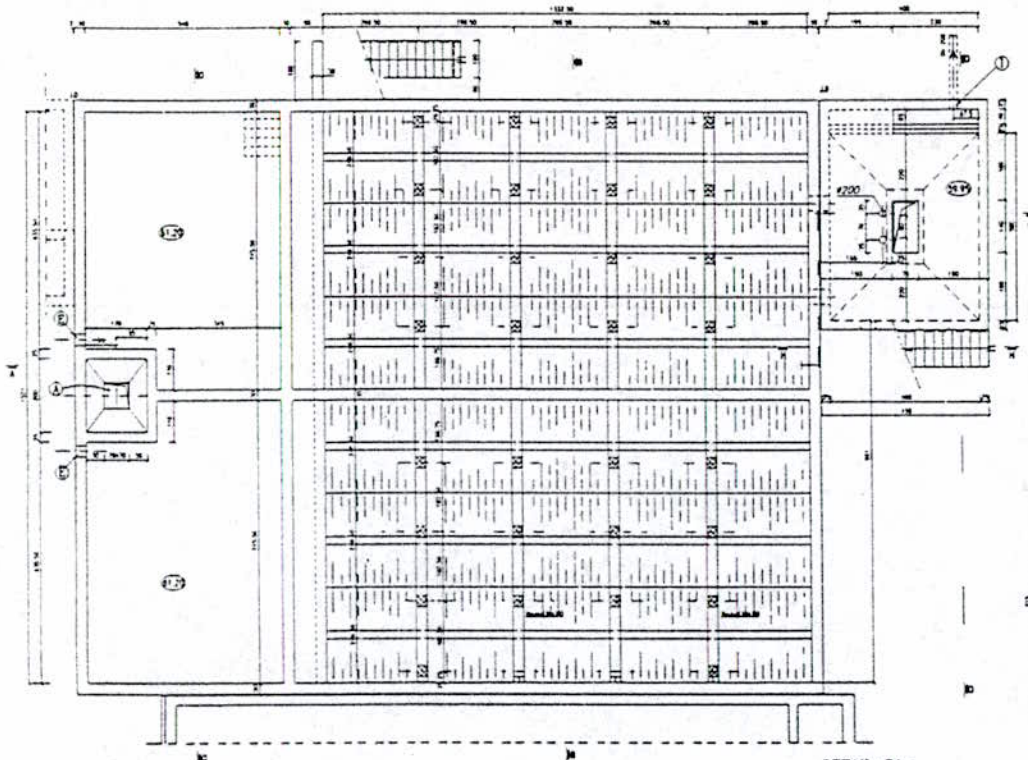
SECURITE

COFFRAGE-VUE EN PLAN ET COUPES-1/4

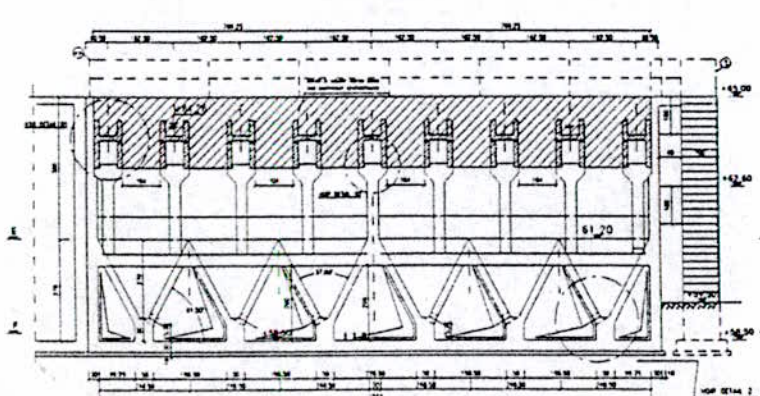
1968



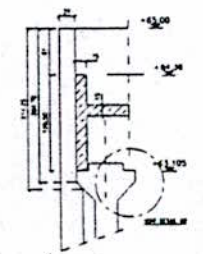
COUPE EN PLAN E-E  
NIV. +81.20



COUPE B-B



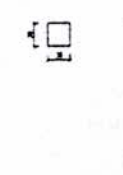
DETAIL-B1-



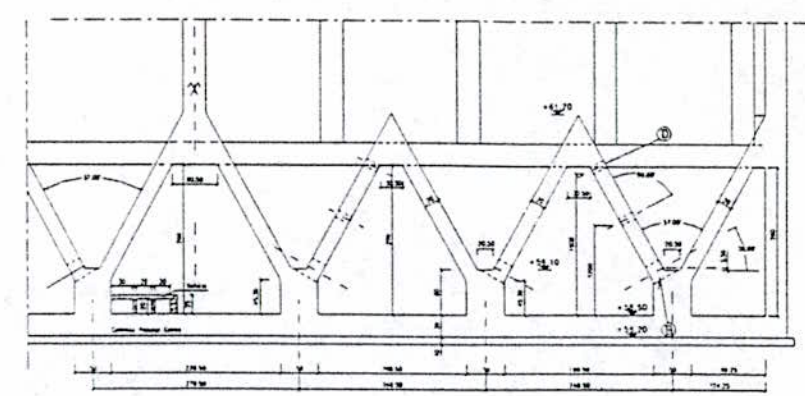
DETAIL-B2-



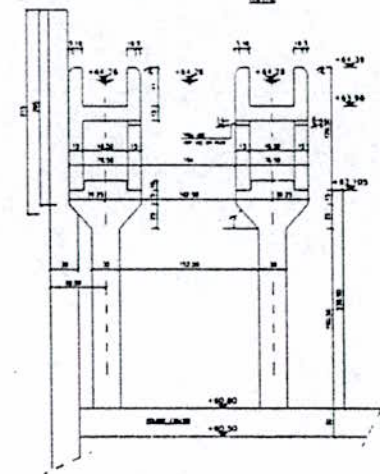
BOUPE B3-B3



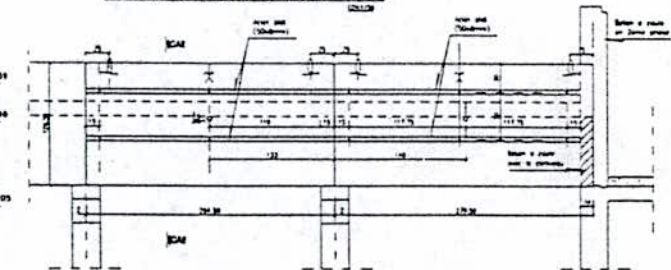
DETAIL-B2-



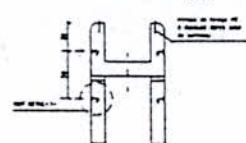
COUPE TYPE CA1-CA1



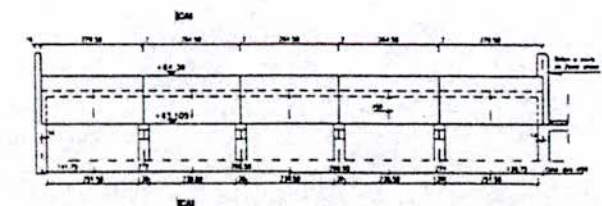
DETAIL CANIEAU PREFABRIQUE



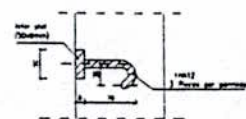
COUPE TYPE CA2-CA2



ELEVATION CANIEAU PREFABRIQUE



DETAIL - I -



REPERES

- NOTE GENERALE
- EMPLACEMENT GENERALE
- TERASSEMENTS GENERALE
- TERASSEMENTS SECONDAIRES
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-1/4
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-1/2
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-3/4
- COFFRAGE VUE EN PLAN ET COUPES-1/2

REPERAGES

NO	Ø	EMBOURE	UTILISATION	TYPE
A	1	70 x 70	ENTREE D'EAU HELIUMELER BOUTE	1/250
B	30	200-200	EXTRACTION DES BOULES	1/250
C	5	100-100	ENTREE FOISE A BOULES	1/250
D	4	100-100	PRIVE D'EMBALLON	1/250
E	3	300-300	BOUCHE	1/250
F	3	300-300	TROUS FOISE A BOULE ET DE HELIUMELER	1/250
G	2	250-250	AXE FLOCCULATEUR	1/250

NO	Ø	EMBOURE	UTILISATION	TYPE
A	1	70 x 70	ENTREE D'EAU HELIUMELER BOUTE	1/250
B	30	200-200	EXTRACTION DES BOULES	1/250
C	5	100-100	ENTREE FOISE A BOULES	1/250
D	4	100-100	PRIVE D'EMBALLON	1/250
E	3	300-300	BOUCHE	1/250
F	3	300-300	TROUS FOISE A BOULE ET DE HELIUMELER	1/250
G	2	250-250	AXE FLOCCULATEUR	1/250

MAITRE DE L'OUVRAGE: SOCIETE DE TRAVAUX DE TRAVAUX - S.T.T. - S.A.  
 BUREAU D'ETUDE: S.T.T. - S.A.  
 PROJETANT: S.T.T. - S.A.  
 EXECUTION: S.T.T. - S.A.





CHAPITRE III  
CARACTERISTIQUES MECANIQUES  
DES MATERIAUX

*« Le commencement de toutes les sciences, c'est l'étonnement  
de ce que les choses sont ce qu'elles sont. »*

ARISTOTE



## CHAPITRE III CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES MATERIAUX

Le présent chapitre décrit les données de base retenue dans le calcul de structure et de béton armé des éléments d'ouvrages constituant la station.

Les ouvrages doivent être conçus et calculés selon les règlements BAEL et RPA de manière à pouvoir résister avec une sécurité appropriée à toutes les sollicitations et à présenter une durabilité satisfaisante durant toute la période d'exploitation envisagée.

### III-1 BETONS :

Le béton utilisé constitué d'un mélange de ciment, d'eau et de granulats (sable et gravier) dosé de façon à obtenir au moment de la mise en œuvre une consistance convenable. ce béton doit avoir :

- Une bonne résistance mécanique.
- Une bonne résistance aux agents agressifs.
- Une indéformabilité instantanée et différée.

#### III-1-1 Résistance à la compression :[2]

Le béton est défini du point de vue mécanique par sa résistance à la compression à 28 jours d'âge, notée « $f_{c28}$ » et fixée préalablement suivant le type d'ouvrage à réaliser.

D'autres part, l'essai de contrôle en vigueur permettra de déterminer les valeurs des résistances à la compression du béton et les comparer par la suite avec la valeur  $f_{c28}$ .

Le béton est dosé à  $400 \text{ Kg} / \text{m}^3$ , sa résistance a la compression  $f_{c28} = 24 \text{ MPa}$ .

La résistance de béton à  $j < 28j$  :  $f_{cj} = 0.685 \times f_{c28} \times \log(j+1)$   
Si  $j \geq 28j$  on admet :  $f_{cj} = 1.1 \times f_{c28}$

#### III-1-2 Résistance à la traction :[2]

La résistance caractéristique à la traction du béton à « $j$ » jours désignée par « $f_{tj}$ » est déterminée à partir de la relation suivante :

$$f_{ij} = 0.6 + 0.06f_{cj} \quad ; f_{ij} \text{ et } f_{cj} \text{ exprimer en MPa}$$

En particulier pour (j = 28 jours)  $f_{c28} = 2.1 \text{ Mpa}$

### III-1-3 Contraintes limites :[3]

Une contrainte limite est une contrainte au de là de laquelle une structure ou bien un de ses élément cesse de remplir les fonctions pour les quelles il était conçu.

Les règles BAEL donnent les contraintes suivant les états limites comme suit :

#### a- Contraintes a l'état limite ultime « ELU » :

L'état limite ultime correspond à l'équilibre entre les sollicitations majorées et les sollicitations résistantes calculées. La constraints du béton en compression est :

$$f_{bu} = 0.85 f_{c28} / \gamma_b$$

Le coefficient « 0.85 » est un coefficient réducteur définir sur les sections régulières et tient compte de la durée d'application du chargement sur les résistances a la compression. Il est valable si cette durée est inférieure a 24 h.

pour une durée de chargement supérieur à 24h :

$$f_{bu} = f_{c28} / \gamma_b$$

avec  $\gamma_b$  : coefficient de sécurité donné par :

$\gamma_b = 1.15$	—————>	action accidentelle
$\gamma_b = 1.5$	—————>	action courante

A l'ELU, on utilise le diagramme parabole - rectangle, ce diagramme représente la contrainte du béton en fonction de son raccourcissement .



**b- Contrainte a l'état limite de service « ELS » :**

L'état limite de service correspond à l'équilibre entre les sollicitations d'action réelles et les sollicitations résistantes calculées sans dépasser les contraintes limites, la contrainte de compression du béton à l'ELS ne doit pas dépasser la valeur limite fixée par :

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6f_{c28} = 14.4 \text{ MPa} \quad \text{pour } j = 28 \text{ jours}$$

**III-1-4 Module d'élasticité :**

Pour un chargement d'une durée d'application inférieure à 24 heures le module de déformation instantané  $E_{ij}$  du béton âgé de «j » jours est déterminé à partir de la formule suivante :

$$E_{ij} = 11000 [f_{ij}]^{1/3} \quad E_{ij} \text{ exprimé en MPa .}$$

Pour des charges de longue durée d'application, le module de déformation différée du béton à «j » jours  $E_{vj}$  est pris égale à :

$$E_{vj} = 3700 [f_{ij}]^{1/3} \quad E_{vj} \text{ exprimé en Mpa.}$$

Pour une valeur de  $f_{c28} = 24 \text{ Mpa}$

Le module d'élasticité :

1. Instantané :  $E_i = 11000 (f_{c28})^{1/3} = 31729 \text{ MPa}$

2. Différé :  $E_v = 3700 (f_{c28})^{1/3} = 10670 \text{ MPa}$

**III-1-5 Compositions des bétons :**

Les compositions des bétons adoptées sont :

BÉTON N°1 : *béton de propreté*

150 Kg de ciment

900 litres de caillasses 15 /20

BETON N°2 : pour forme de pente

250 Kg de ciment CPA 325

900 litres de caillasses 5 / 15

750 litres de sable

BETON N°3 : béton armé

400 Kg de ciment CPA 325

350 litres de gravier 5 / 15

550 litres de gravier 15 / 25

380 litres de sable

**III-2 ACIERS :**

**III-2-1 Limite d'élasticité garantie  $f_e$  :**

- Acier à haute adhérence ( HA )       $f_e = 400 \text{ Mpa}$
- Acier doux ( Dx )                       $f_e = 215 \text{ Mpa}$

**III-2-2 Module d'élasticité longitudinale :**

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

**III-2-3 Allongement élastique :**

- Acier doux                               $\epsilon = 1.175 \text{ ‰}$



- Acier à haute adhérence ( HA )  $\epsilon = 2 \text{ ‰}$

### III-2-4 Contrainte à l'état limite ultime :

On adopte un diagramme contraintes-déformations de calcul déduit du diagramme représenté ci dessous par une affinité parallèle à la tangente à l'origine dans le rapport  $(1/\gamma_s)$

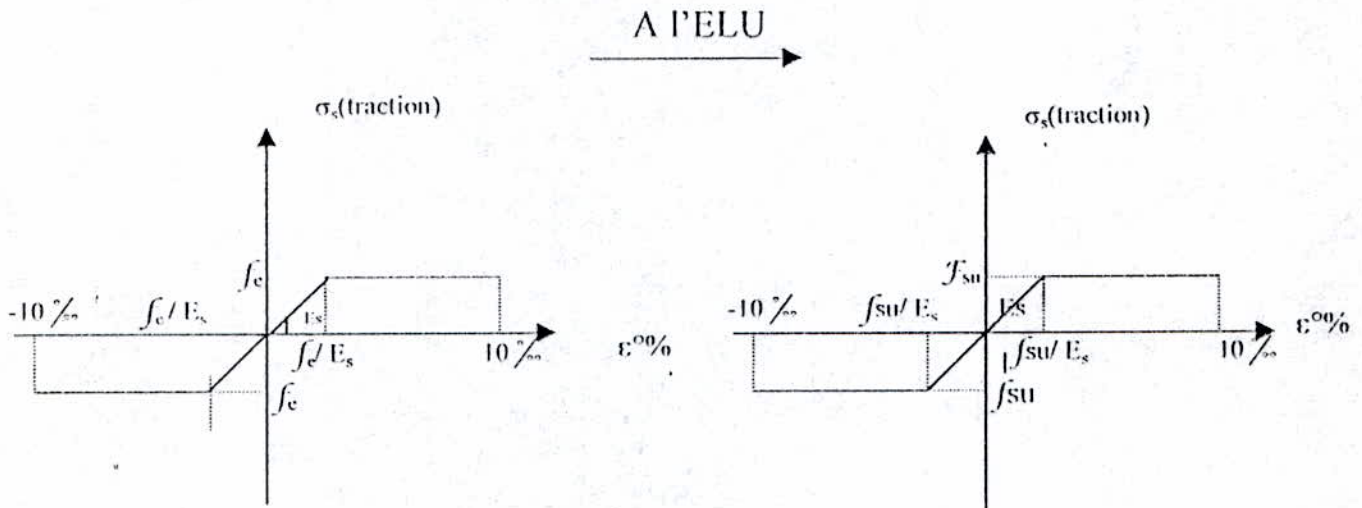


Figure III-1 Diagramme contraintes-déformations des Aciers à l'ELU

$$F_{su} = f_e / \gamma_s \quad \gamma_s : \text{coefficient de sécurité}$$

$$\text{Avec } \gamma_s = \begin{cases} 1.15 & ; \text{situation normale} \\ 1 & ; \text{situation accidentelle} \end{cases}$$

### III-2-5 Contrainte limite à l'état limite de service :

- fissuration préjudiciable :

$$\bar{\sigma}_s = \min [ (2/3) f_e \quad ; \quad 150n ]$$

- fissuration très préjudiciable :

$$\bar{\sigma}_s = \min [ 0.5 f_e \quad ; \quad 110n ]$$

n : coefficient de fissuration

n = 1.0 ( Acier doux et treillis soudés )

$n = 1.6$  ( Acier haute adhérence )

### III-3 BÉTON ARMÉ :

#### III-3-1 Le poids spécifique du béton armé :

$$\gamma = 2.5 \text{ t / m}^3$$

#### III-3-2 Le coefficient de poisson :

$$\nu = ( \Delta a / a ) / ( \Delta L / L )$$

avec :

$\Delta a / a$  : augmentation relative de la dimension transversale .

$\Delta L / L$  : raccourcissement relatif longitudinal.

Les règles BAEL présentent pour le coefficient de poisson les valeurs suivantes :

$$\nu = 0.2 \text{ ( ELS )}$$

$$\nu = 0.0 \text{ ( ELU )}$$

- La fissuration est considéré comme étant très préjudiciable pour tous les éléments de l'ouvrage.
- La fissuration est considéré comme étant peu préjudiciable pour tous le reste des bâtiments.
- La contrainte limite de cisaillement du béton est limité a :

$$\tau \leq \inf ( 0.1 f_{c28} ; 3\text{Mpa} )$$

### III-4 AUTRES DISPOSITIONS ET HYPOTHÈSES :

#### III-4-1 Enrobage des armatures :

- Ouvrages hydrauliques : 3.0 cm
- Élément en fondation : 3.0 cm



- Elément en élévation : 2.5 cm

### III-4-2 Etat limite d'ouverture des fissures :

la fissuration est considérée comme très préjudiciable pour tous les éléments de structure des ouvrages hydrauliques

### III-4-3 Applications des charges :

- l'application des combinaisons est considérée pour des durées supérieures à 24 h
- plus de la moitié des charges est considérée comme appliquée avant 90 jours

### III-4-5 Hypothèse de calcul : [3]

*a\* A l'état limite ultime :*

- Hypothèse de Bernoulli ; conservation des sections planes ( diagramme déformation linéaire ) ,
- Béton tendu négligé ,
- Pas de glissement relatif entre le béton et l'acier ,
- Limitation des déformations relatives :

- Raccourcissement ultime du béton

$$\varepsilon_{bu} = 3.5 \times 10^{-3} \text{ en flexion}$$

$$\varepsilon_{bu} = 2 \times 10^{-3} \text{ en compression simple .}$$

- Allongement ultime des armatures

$$\varepsilon_s = 10 \times 10^{-3}$$

*b \* A l'état limite de service :*

- Conservation des sections planes ,
- Validité de la loi de HOOKE , proportionnalité des contraintes  
( de compression du béton et de traction de l'acier ) à leurs déformations
- Béton tendu négligé ,
- Pas de glissement relatif entre l'acier et le béton ,
- $n = E_s / E_b =$  coefficient d'équivalence acier – béton = 15 ,



**CHAPITRE IV**  
**ACTION DE LA TERRE**  
**EN SEISME**

*« Le plus simple écolier soit maintenant des vérités  
pour lesquelles Archimède eut sacrifié sa vie »*

**EUGEN MANNUEL**

---

## **CHAPITRE IV**

### **L'ACTION DE TERRE EN SÉISME**

---

#### **IV-1 INTRODUCTION**

Les calculs des actions de la terre en séisme peut être mené de deux manières :

- Par une méthode statique équivalente
- Par une méthode dynamique

#### **IV-2 MÉTHODES DE CALCUL**

##### **IV-2-1 Méthode statique équivalente :[4]**

*a- principe :*

Les forces réelles dynamiques qui se développent dans la construction sont remplacées par un système de forces statiques fictives dont les effets considérés équivalents aux effets de l'action sismique

Le mouvement du sol peut se faire dans une direction quelconque dans le plan horizontal . les forces sismiques horizontales équivalentes seront considérées appliquées successivement suivant deux directions orthogonales caractéristiques choisies par le projeteur , Dans le cas général , ces deux directions sont les deux axes principaux du plan horizontal de la structure .

Il faut souligner toutefois que les forces et les déformations obtenues pour l'élément à partir des méthodes d'analyse statiques équivalentes pour les charges de conception recommandées sont inférieures aux forces et aux déformations qui seraient observées sur la structure sous les effets d'un séisme majeur pour lequel les charges ont été spécifiées. Ce dépassement des forces est équilibré par le comportement ductile qui est fourni par les détails de construction de l'élément .

C'est pourquoi l'utilisation de cette méthode ne peut être dissociée de l'application rigoureuse des dispositions constructives garantissant à la structure :

- Une ductilité suffisante
- La capacité de dissiper l'énergie vibratoire transmise à la structure par des secousses sismiques majeures

*b-Conditions d'applications*

La méthode statique équivalente ne peut être utilisée que pour les structures satisfaisant aux conditions ci- après :



- La structure étudiée avec hauteur au plus égale à 60 m en zones I et II et à 30 m en zones III
- La forme en plan de la structure étudiée est simple symétrique

**IV-2-2 Méthode dynamique directe : [4]**

Il est possible d'utiliser une méthode dynamique plus exacte mais complexe, basée sur l'utilisation d'accélérogrammes ou de spectres de réponse adoptés au site de la structure

En générale, l'analyse dynamique est appliquée aux structures irrégulières ou de grandes hauteurs pour les quelles la période principale est supérieur à une seconde.

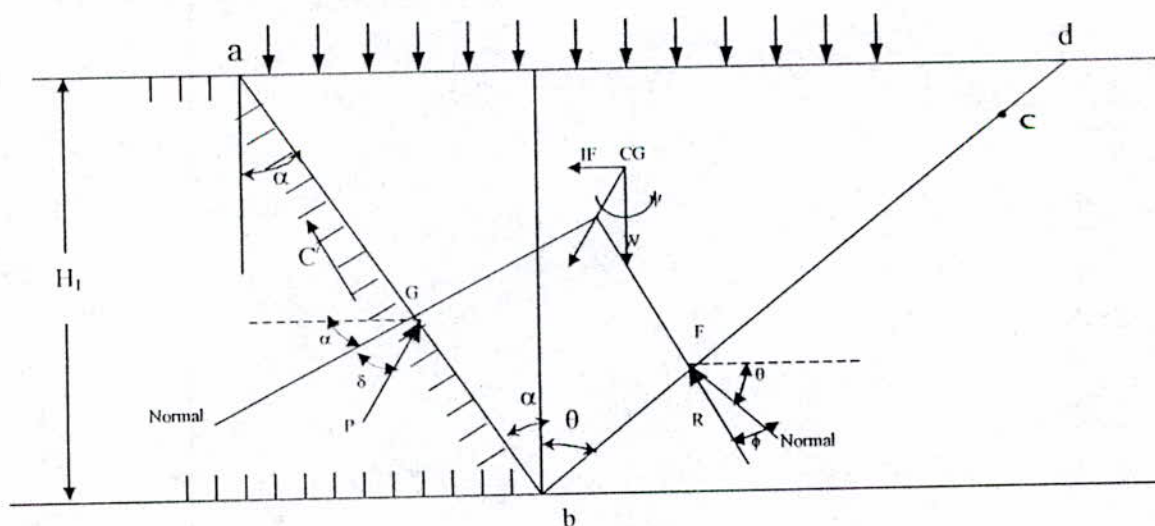
Il faut noter dans ce cas que notre structure est une structure de faible hauteur, et que la méthode dynamique directe est très complexe, ce qui nous oblige a utiliser la méthode statique équivalente, qui est plus simple et qui fournit des résultats satisfaisants.

**IV-3 CALCUL DE L'ACTION DE LA TERRE EN SÉISME : [5]**

L'action de la terre en séisme a été effectuée selon la méthode de calcul développée par PRAKASH et SARAN. [5]

Cette méthode donne une solution générale pour la détermination de toutes les pressions des terres du point de vue statique et dynamique pour un sol de coefficient (C et  $\phi$ ).

**IV-3-1 Expression des forces**



*Figure (IV-1) : Les forces sollicitant un mur retenant un sol (C -  $\phi$ )*

La figure (IV-1) montre le mur de face (**ab**) en contact avec le sol, et verticalement incliné avec un angle ( $\alpha$ ), le sol supporte une surcharge uniforme **q** par unité de surface.

La surface de rupture est verticalement inclinée d'un angle  $\theta$  du point b. le tableau (IV-1) représente les différentes actions (statiques et dynamiques) qui agissent sur le triangle (**abc**) dont seul la force d'inertie est considéré horizontale.

n°	désignation	composante verticale	composante horizontal
1	pds(sol)(w)	$\frac{1}{2} \gamma H^2 (\text{tg } \alpha + \text{tg } \theta) \downarrow$	-----
2	cohésion	CH $\uparrow$	CH tg $\theta \rightarrow$
3	adhésion	C' H $\uparrow$	C' H tg $\alpha$
4	surcharge	q x ( H(tg $\alpha$ + tg $\theta$ )) $\downarrow$	
5	réaction des sol	R sin ( $\theta + \phi$ ) $\uparrow$	R cos ( $\theta + \phi$ )
6	force d'inertie	-----	(w+ $\phi$ ) $\alpha_k \leftarrow$
7	pression des terres	P sin( $\alpha + \delta$ ) $\uparrow$	P cos ( $\alpha + \delta$ ) $\rightarrow$

**Tableau IV-1 Calcul des forces sur abcd ( figure IV-1)**

Une sommation des composantes horizontales donne l'équation :( 1)

$$- CH - C'H + qH (\text{tg}\alpha + \text{tg}\phi) = P \sin (\alpha + \delta) + F \sin (\theta + \phi) \dots\dots(1)$$

Une sommation des composante verticales donne l'équation :(2)

$$\frac{1}{2} \gamma H^2 (\text{tg } \alpha + \text{tg } \theta) - CH - C'H + qH (\text{tg}\alpha + \text{tg}\phi) = P \sin (\alpha + \delta) + F \sin (\theta + \phi)..(2)$$

- on multiplie (1) par sin ( $\theta + \phi$ ) et (2) par cos( $\theta + \phi$ ).
- en laissant C = C'.
- on fait une sommation entre les deux équations résultantes
- on substituant W et Q de tableau précédent des équation on obtient les équations

$$P \sin(\beta + \delta) = \gamma H^2 [1/2(\text{tg } \alpha + \text{tg}\beta)] \times [\cos(\theta + \phi) + a_\alpha \sin (\theta + \phi)] + qH [ \text{tg}\alpha + \text{tg}\theta ] \times [\cos(\theta + \phi) + \alpha_n \sin (\theta + \phi)] - CH [ \cos\beta. \sec\alpha + \cos\phi \sec\theta ] \dots\dots(3)$$



ou :  $\beta = \alpha + \theta + \phi$

- on introduit les paramètres suivants :

$$(Nac)_{dyn} = \frac{\cos \beta \cdot \sec \alpha + \cos \phi \cdot \sec \theta}{\sin(\beta + \delta)}$$

$$(Naq)_{dyn} = \frac{(tg \alpha + tg \theta) [\cos(\theta + \phi) + \alpha_n \sin(\theta + \phi)]}{\sin(\beta + \delta)}$$

$$(Naq_\gamma)_{dyn} = \frac{1/2 (tg \alpha + tg \theta) [\cos(\theta + \phi) + \alpha_n \sin(\theta + \phi)]}{\sin(\beta + \delta)}$$

On trouve finalement la formule (4)

$$P_{dyn} = \gamma H^2 (Nay)_{dyn} + q H (Naq)_{dyn} - CH(Nac)_{dyn} \dots \dots \dots (4)$$

Les valeurs  $(Nac)_{dyn}$ ,  $(Naq)_{dyn}$  et  $(Naj)_{dyn}$  sont des coef de pression de la terre elles depend de  $\alpha$ ,  $\theta$ ,  $\delta$  et  $\phi$  pour le cas statique il suffit de remplacer  $\alpha_n = 0$ .

On aura :  $Pa = \gamma H^2 (Nay_{stat}) + qH (Naq)_{stat} - CH (Nac)_{stat}$  les valeurs maximales des coefs dynamiques sont obtenus en fonction des coefs du cas statique :

$$\lambda_1 = \frac{(Naq_{max})_{dyn}}{(Naq_{max})_{stat}} \dots \dots \dots (5)$$

$$\lambda_2 = \frac{(Nay_{max})_{dyn}}{(Nay_{max})_{stat}} \dots \dots \dots (6)$$

Notons aussi que  $(Nac)_{stat} = (Nac)_{dyn} \lambda_1$  et  $\lambda_2$  sont proche et peu les remplacer par les figures (IV - 2) representent  $(Nac)$ ,  $(Nay)_{stat}$ ,  $(Naq)_{stat}$  respectivement on fonction de  $\phi$  et l'inclinaison  $\alpha$ .

La figure (IV - 5) represente le rapport  $\lambda$  entre le coefficient de pression dynamique et la pression statique.

$\lambda$  est présenté en fonction de  $\phi$  et la valeur de l'accélération  $\alpha_n$ .

### IV-3-2 Point d'application :

Le point d'application de l'accroissement dynamique peut être adapter à 0.55 H au dessus de la base dans un mur flexible et de 0.45 H au dessus de la base dans un mur rigide .

### IV-3-3 Application pour le cas de la station :

La valeur de la poussée sur le voile dû à l'action de la terre en séisme est

$$(Pa)_{dyn} = \gamma h^2 (Na_\gamma)_{dyn} + qh(Na_q)_{dyn} - CH (Nac)_{dyn}$$

$$\text{Avec : } (Nac)_{dyn} = (Nac)_{stat}$$

$$(Naq)_{dyn} = \lambda(Naq)_{stat}$$

$$(Na_\gamma)_{dyn} = \lambda(Na_\gamma)_{stat}$$

$$c=0.5 \text{ t/m}^2 \text{ (faible cohésion du sol) , } \varphi = 30^\circ , \quad \alpha = 0 , \quad q = 0.5 \text{ t/m}^2$$

D'après les courbes on a les valeurs de  $(Nac)_{stat}$  ,  $(Naq)_{stat}$  ,  $(Na_j)_{stat}$  en fonction de  $\varphi$  ,  $\alpha$  ( voir Figure )

$$(Nac)_{stat} = 1.5 \quad ; \quad (Naq)_{stat} = 0.3 \quad ; \quad (Na_j)_{stat} = 0.18$$

$$\lambda \text{ pour } \alpha=0.15 \text{ en zone II ouvrage 2} \quad \lambda=1.35$$

$$\text{D'ou } (Nac)_{dyn} = (Nac)_{stat} = 1.5$$

$$(Naq)_{dyn} = \lambda(Naq)_{stat} = 1.35 \times 0.3$$

$$(Na_j)_{dyn} = \lambda(Na_j)_{stat} = 1.35 \times 0.18 \text{ . ainsi :}$$

$$(Pa)_{dyn} = 1.9 \times (10)^2 \times 0.18 \times 1.35 + 0.5 \times 1. \times 1.35 - 0.5 \times 1. \times 1.5 = 0.08 \text{ t/ml}$$

L'application de cette charge est a une hauteur de la hauteur des terres soit 0.5 m



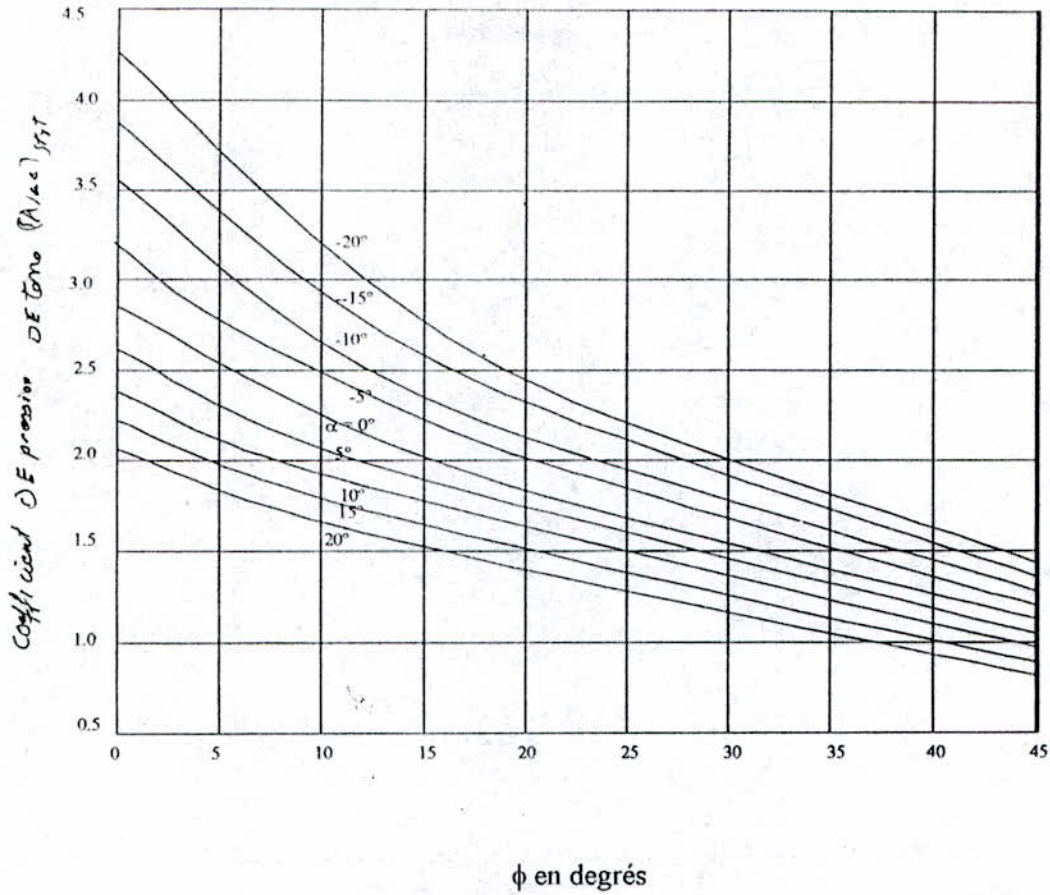


Figure IV- 2  $(N_{ac})_{stat}$  en fonction de  $\phi$  (selon pracach et saran 1968 )

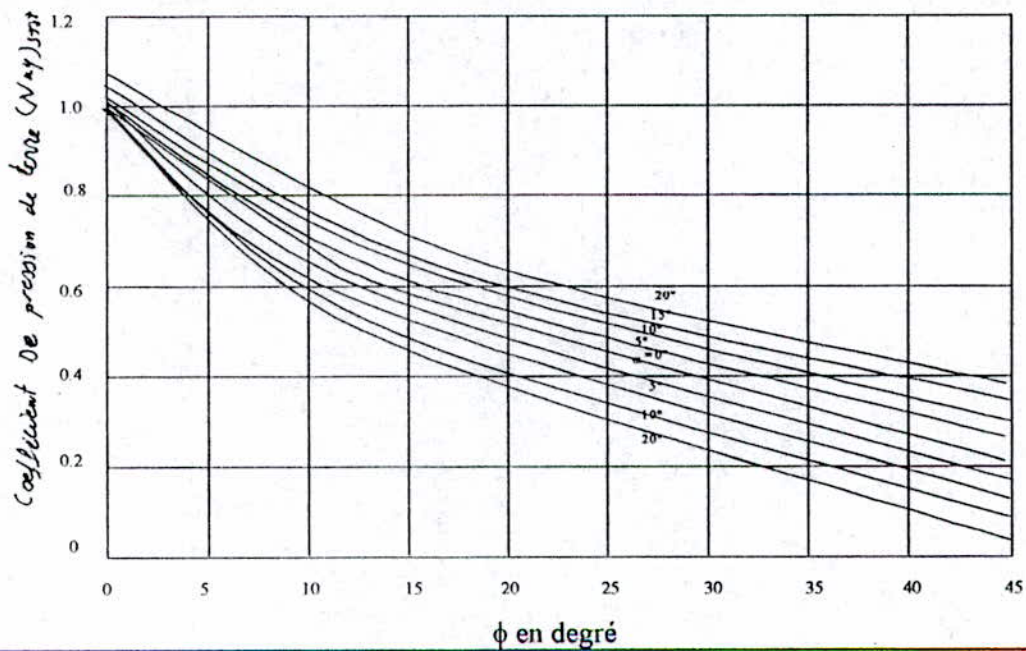


Figure IV- 3  $(N_{aq})_{stat}$  en fonction  $\phi$  (selon pracach et saran 1968)

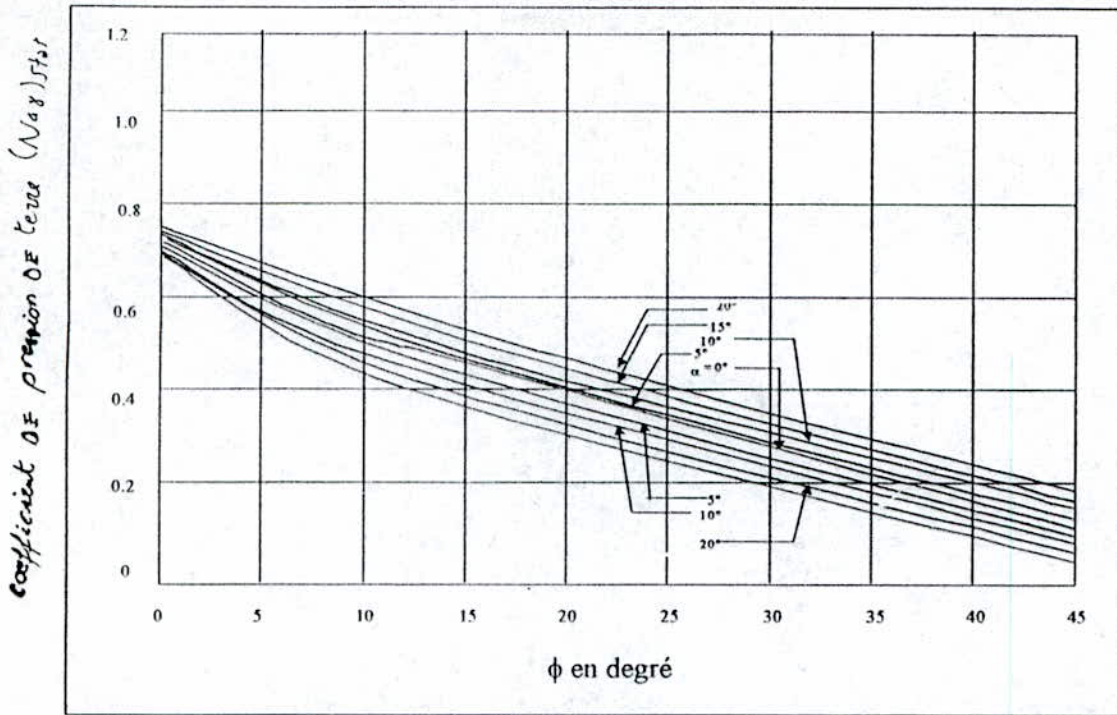


Figure IV- 4  $(N_{ax})_{stat}$  en fonction  $\phi$  (selon pracach et saran 1968)

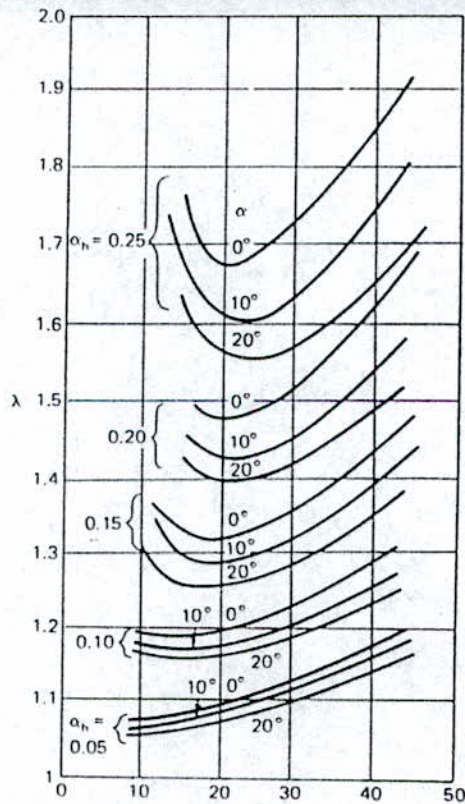


Figure IV- 5  $\lambda$  en fonction de l'angle de rupture  $\phi$ .



CHAPITR V  
ETUDE HYDRODYNAMIQUE

*« Le plus simple écoliers soit maintenant des vérités  
pour lesquelles Archimède eut sacrifié sa vie. »*

EUGENE MANUEL

---

## CHAPITRE V

### ETUDE HYDRO DYNAMIQUE

---

#### V-1 INTRODUCTION :

Notre structure est constituée d'un ensemble de bassin ou réservoir dont chacun est rempli par un volume fixé d'eau. la situation de l'ouvrage se situant en zone II (moyenne sismicité) en est obligé de prendre en compte l'effet de l'eau lors d'un séisme, par une étude hydrodynamique. En zone II, on était obligé de tenir compte de l'effet d'eau en séisme.

L'objet principal de cette étude consiste à calculer les pressions sur les parois de la structure représenté par un bassin rectangulaire .

Lors d'un séisme , une partie de fluide se met en mouvement . ce qui provoque la formation des vagues à la surface du liquide .

Plusieurs méthodes de calcul ont été mises au point par différents auteurs , ces méthodes de calcul considèrent des hypothèses différentes selon la dépendance de la surpression dynamique par rapport au temps , parmi les quelles nous citerons quelque méthodes :

- **La méthode JACOBSEN et AYRE : [ 6 ]**

Cette méthode néglige les sollicitation produites par les oscillations des vagues (en négligeant l'influence du temps sur la pression ) et ne s'intéresse qu'aux efforts d'impulsion .

- **La méthode de HUND et PRIESLEY : [ 6 ]**

Dans cette méthode le calcul prend en compte l'effet de l'action des vagues sur les parois. Ce calcul, qui a l'avantage d'être plus général introduit néanmoins dans les résultats une inconnue supplémentaire qui est l'accélération du sol  $a(t)$ .

mais la recherche des efforts est laborieuse et très peu pratique malgré l'avantage de la précision .

- **La méthode de HOUZNER : [ 6 ]**

Cette méthode prend en compte l'effet de l'oscillation et l'effet d'impulsion et sépare les deux phénomènes. Notre choix s'est porté, naturellement vers l'utilisation de cette méthode que nous développons ci-dessous.

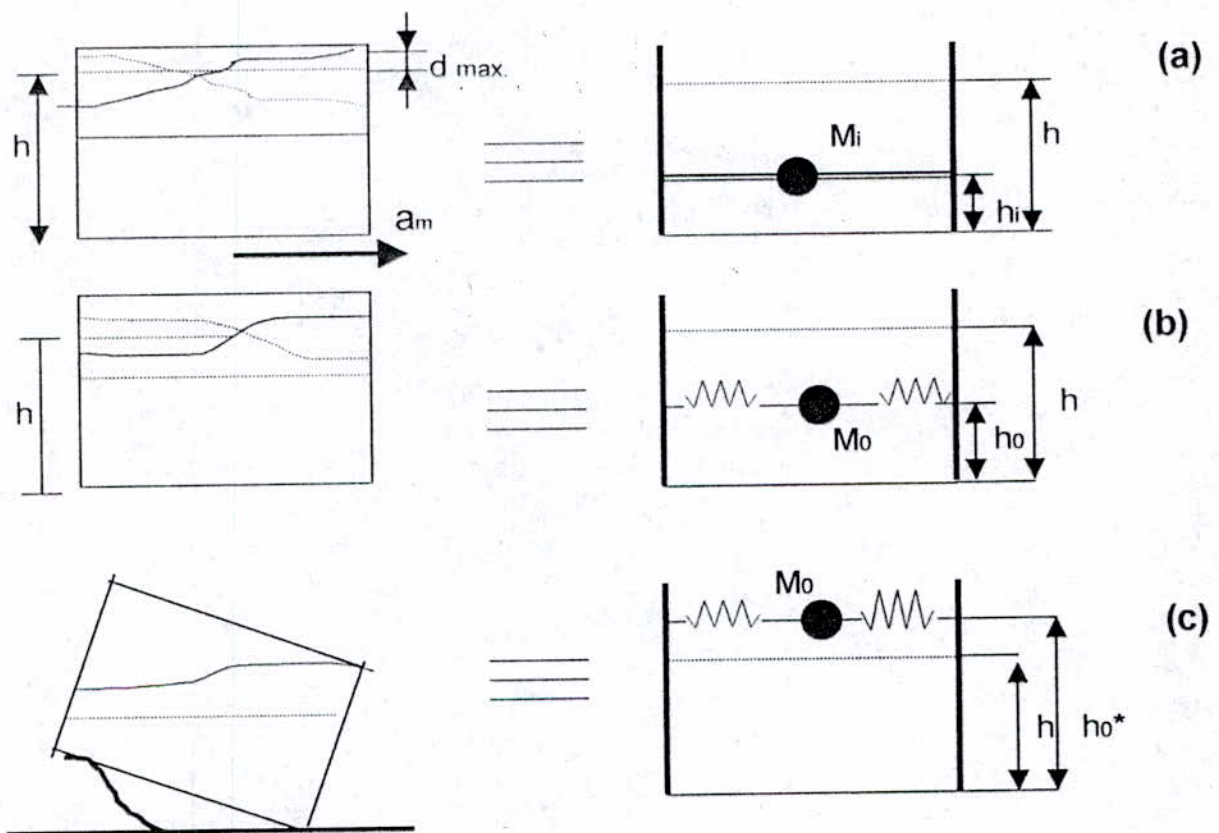


Vue la complexité des expressions des pressions hydrodynamique obtenue par les deux méthode précédentes . on a opté pour l'utilisation de la méthode de HOZNER car elle tient compte à la fois des deux effets d'impulsion et d'oscillation avec une séparation des deux phénomènes

## V-2 PRESENTATION DE LA METHODE DE HOZNER :

Dans cette modélisation , on décompose l'action du liquide en deux types :

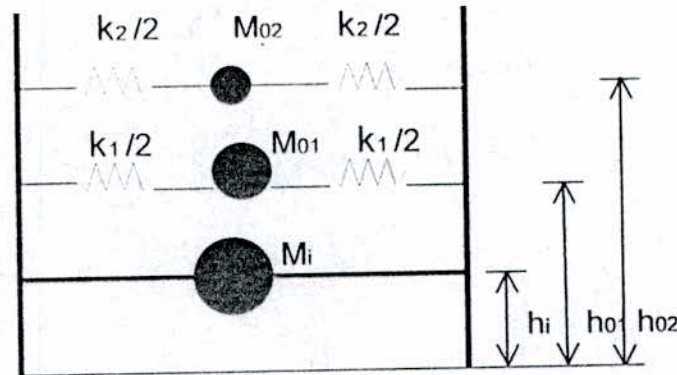
- une action passive provoquant des efforts d'impulsion
- une action active provoquant des efforts d'oscillation .



- a)- Équivalent mécanique des pressions d'impulsion .  
 b)- Équivalent mécanique des pressions d'oscillation : actions sur les parois  
 c)- Équivalent mécanique des pression d'oscillation : actions sur les parois et sur la base .

**Figure V-1 : Réservoirs cylindriques . systèmes physiques et systèmes mécaniques Équivalents :**

Les efforts d'impulsions proviennent de ce que une partie de la masse du fluide dite masse passive, réagit par inertie, a la translation des parois du réservoir. Le système mécanique équivalent est obtenu en considérant une masse  $M_i$ , liée rigidement au réservoir a une hauteur  $H_i$ , telle qu'elle exerce sur les parois les mêmes efforts horizontaux que la masse de liquide équivalente. La figure (V-1-a) définit le système équivalent des efforts d'impulsion quand on néglige les oscillations de l'eau.



**Figure V-2 : Modèle à une masse passive  $M_i$  (impulsion) et deux masses actives  $M_{01}$  et  $M_{02}$  (oscillation).**

Pour le calcul du moment de flexion, les seules actions prises en compte sont celles exercées sur les parois auquel cas, les masses  $M_{0n}$  sont appliquées à un niveau  $h_{0n}$  (figure V-1-b).

Pour le calcul du moment de renversement l'action des surpressions sur le fond du réservoir est également prise en compte auquel cas les masses  $m_{on}$  sont appliquées à un niveau  $h_{0n}^*$  (figure V-1-c) de sorte que le modèle simplifié retenu l'ensemble des deux types d'actions sera celui de la (figure V-2).

Le calcul approché considère deux types d'actions : les action d'impulsions et les actions d'oscillation.

**V.2.1- Actions d'impulsion**

La résultante horizontale des surpressions d'impulsion, qui s'exerce sur la paroi verticale d'un réservoir rectangulaire soumis à une accélération maximale  $a_m$ , s'écrit :



$$P_i = -\rho a_m h L \frac{\text{th } \sqrt{3} L / h}{\sqrt{3} L / h}$$

On pose :

$$\eta_i = \frac{\text{Th } \sqrt{3} L / h}{\sqrt{3} L / h}$$

On a donc :

$$P_i = -\rho a_m h L \eta_i$$

Enfin , la résultante des pressions hydrodynamiques d'impulsions peut aussi s'écrire :

$$P_i = a_m M_i$$

$M_i$  est donnée par le tableau V-1

Cette résultante est appliquée à une hauteur  $h_i$  donnée par le tableau V-1

### V-2-2 Actions d'oscillation

Les surpressions d'oscillation ont pour résultante :

$$P_0 = \frac{1}{3} \rho L^3 \omega_0^2 \Phi_0 \sin \omega_0 t \quad (*)$$

où  $\omega_0$  est la pulsation fondamentale de vibration du fluide .

et  $\Phi_0$  est l'angle maximal de vibration du fluide .

$L$  : demi longueur du réservoir rectangulaire .

$h$  : hauteur de l'eau dans le réservoir .

$\rho$  : masse volumique de l'eau

De même , l'équation (\*) donnant la résultante oscillatoire des pressions peut se mettre sous la forme :

$$P_0 = M_0 g \Phi_0 \sin \omega_0 t$$

Où  $M_0$  est données par le tableau V-1. la force  $P_0$  est appliquée à une hauteur  $h_0$  et  $h_0$  données par le tableau V-1 .

La fréquence du mode fondamental de vibration du liquide est donnée par la relation suivante :

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

Où

$$\omega_0^2 = \frac{g}{L} \left( \frac{L \Phi_0}{AI} \right)$$

$\frac{L \Phi_0}{A_1}$  est donné par le *tableau V-1*

pour déterminer l'angle maximal d'oscillation  $\Phi_0$  de la surface libre ont écrit :

$$\phi_0 = \frac{S_a}{g}$$

où  $S_a$  est donné par le spectre de réponse en accélération pour un valeur de  $f_0$  .

par ailleurs , la hauteur maximale  $d_{max}$  atteinte par les oscillations de l'eau est :

$$d_{max} = \frac{0.527L}{\left( \frac{g}{\omega_0^2 \phi_0 L} - 1 \right) th(1.58h/L)}$$

### V-2-3 Organigramme de calcul :

La détermination des efforts résultants et de la hauteur maximale des vagues dans les réservoirs sous les actions sismiques horizontales l'organigramme de calcul présenté ci-après se fait en suivant, avec les valeurs lues dans le *tableau (V-1)*.



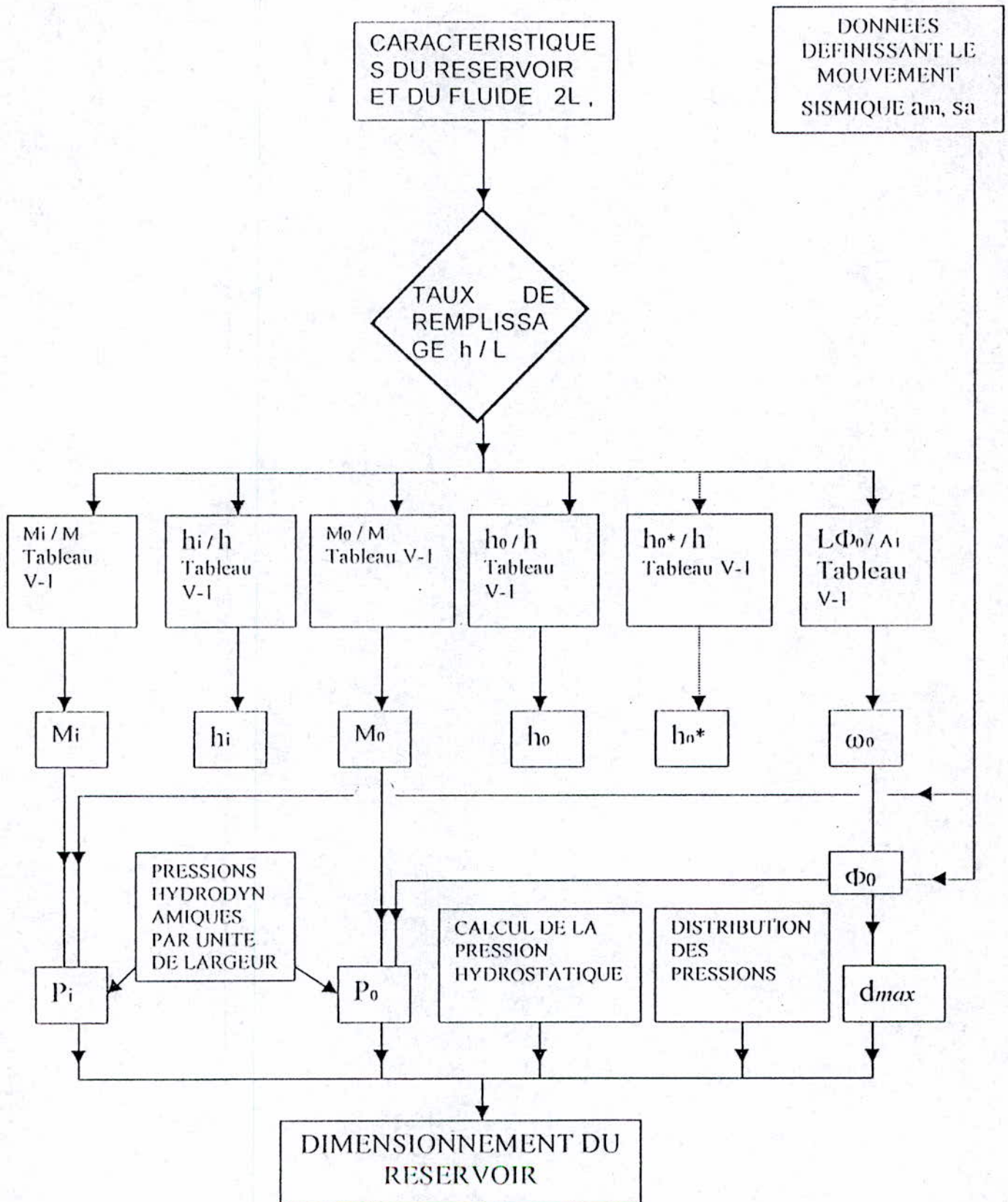


FIGURE V – 1 : Organigramme de la méthode de HOSNER

TABLEAU (V-1)

METHODE DE HOUZNER – RESERVOIRS RECTANGULAIRES  
 CALCUL DES PRESSIONS HYDRODYNAMIQUES

$L/h$	$M_i/M$	$h_i/h$	$M_o/M$	$h_o/h$	$h_o^*/h$	$L\varnothing_o/A_1$
2.000	0.058	8.535	0.826	0.501	40.393	0.248
2.000	0.115	4.205	0.806	0.504	10.354	0.483
2.333	0.173	2.762	0.775	0.509	4.798	0.697
2.500	0.231	2.041	0.737	0.516	2.860	0.884
2.000	0.288	1.610	0.694	0.524	1.972	1.040
1.667	0.344	1.327	0.649	0.534	1.496	1.167
1.429	0.398	1.130	0.604	0.545	1.217	1.268
1.250	0.450	0.986	0.561	0.557	1.043	1.346
1.111	0.598	0.879	0.521	0.570	0.930	1.406
1.000	0.542	0.797	0.484	0.583	0.856	1.451
0.909	0.583	0.733	0.450	0.597	0.806	1.485
0.833	0.620	0.682	0.420	0.610	0.772	1.510
0.769	0.653	0.641	0.392	0.624	0.751	1.529
0.714	0.683	0.607	0.368	0.637	0.737	1.543
0.667	0.710	0.580	0.345	0.650	0.730	1.553
0.625	0.734	0.557	0.325	0.663	0.726	1.560
0.588	0.755	0.537	0.307	0.675	0.726	1.565
0.556	0.775	0.521	0.291	0.687	0.728	1.569
0.526	0.792	0.506	0.276	0.698	0.732	1.572
0.500	0.808	0.494	0.263	0.709	0.736	1.574
0.476	0.822	0.484	0.250	0.720	0.742	1.576
0.455	0.834	0.474	0.239	0.730	0.747	1.577
0.435	0.846	0.466	0.229	0.739	0.754	1.578
0.417	0.856	0.459	0.219	0.748	0.760	1.578
0.400	0.866	0.453	0.211	0.756	0.766	1.579
0.385	0.874	0.447	0.203	0.764	0.772	1.579
0.370	0.882	0.442	0.195	0.772	0.779	1.579
0.357	0.889	0.437	0.188	0.779	0.785	1.580
0.345	0.896	0.433	0.182	0.786	0.791	1.580
0.333	0.902	0.429	0.176	0.793	0.796	1.580
0.323	0.907	0.426	0.170	0.799	0.802	1.580
0.313	0.913	0.423	0.165	0.805	0.807	1.580
0.303	0.917	0.420	0.160	0.810	0.812	1.580
0.294	0.922	0.418	0.155	0.816	0.817	1.580
0.286	0.926	0.415	0.151	0.821	0.822	1.580
0.278	0.929	0.413	0.146	0.825	0.827	1.580
0.270	0.933	0.411	0.142	0.830	0.831	1.580
0.263	0.936	0.409	0.139	0.834	0.835	1.580
0.256	0.939	0.407	0.135	0.838	0.839	1.580
0.250	0.942	0.406	0.132	0.842	0.843	1.580
0.244	0.944	0.404	0.129	0.846	0.847	1.580
0.238	0.947	0.403	0.125	0.850	0.850	1.580
0.233	0.949	0.402	0.123	0.853	0.853	1.580
0.227	0.951	0.401	0.120	0.856	0.857	1.580
0.222	0.953	0.399	0.117	0.860	0.860	1.580
0.217	0.955	0.398	0.115	0.863	0.863	1.580
0.213	0.957	0.397	0.112	0.865	0.866	1.580
0.208	0.959	0.397	0.110	0.868	0.868	1.580
0.204	0.960	0.396	0.108	0.871	0.871	1.580
0.200	0.962	0.395	0.105	0.874	0.874	1.580



### V-3 Calcul des actions hydrodynamique dans les bassins :

#### V-3-1 Action de l'eau en SEISME suivant X :

Le calcul des efforts est fait en utilisant la méthode de HOZNER

##### a- Cas du Flocculateur :

On a  $2L = 5.7\text{m}$  d'où  $L = 2.85\text{m}$

$h = 3.25\text{m}$  d'où

$$L/h = 0.877$$

$M = \text{masse/unité de longueur} = 3.25 \times 5.7 \times 1.0 = 18.525\text{t/ml}$

D'après le tableau V-1 :

$$M_i / M = 0.6015$$

$$h_i / h = 0.7075$$

$$M_o / M = 0.435$$

$$h_o / h = 0.6035$$

$$L\Phi_0 / A_1 = 1.4975$$

- Calcul de la période :

$$\omega_0^2 = g / L \cdot (L\Phi_0 / A_1) = 5.15 \text{ (rd/s)}^2 \text{ d'où } \omega_0 = 2.27 \text{ rd/s}$$

$$f_0 = \omega_0 / 2\pi \text{ donc } f_0 = 0.3615 \text{ HZ ;}$$

$$T = 2.77 \text{ sec}$$

$S_a = 0.065$  ( donné par le spectre de réponse en accélération pour un valeur de  $f_0$  ).

$$\omega_0^2 = g / L \cdot (L\Phi_0 / A_1) = g\Phi_0 / A_1 = S_a / A_1 \text{ d'où } A_1 = S_a / \omega_0^2$$

AN :

$$A_1 = 0.01262$$

- Calcul de l'angle maximal d'oscillation  $\Phi_0$  :

$$\Phi_0 = 1.4975 \times 0.01262 / 2.85$$

$$\Phi_0 = 0.0066$$

- La pression d'impulsion  $P_i$  :

$$P_i = a_m \cdot M_i$$

$$a_m = 0.15 \quad a_m : \text{accélération maximal du sol}$$

$$M_i = 0.6015M = 0.6015 \times 18.52 = 11.143t$$

$$P_i = 1.909 \text{ t / ml}$$

- Hauteur d'impulsion  $h_i$  :

$$h_i = 0.7075 \times h = 0.7075 \times 3.25$$

$$h_i = 2.3m$$

- La pression d'oscillation  $P_o$  :

$$P_o = M_o \times g \times \Phi_o \times \sin \omega_o t$$

$$M_o = 0.435 \times M = 0.435 \times 18.525 = 8.058 \text{ t}$$

$$P_o = 8.058 \times 9.81 \times 0.0066$$

$$P_o = 0.522 \text{ t / ml}$$

- Niveau d'application des pressions d'oscillation  $h_o$  :

$$h_o = 0.6035 \times h = 0.6035 \times 3.25$$

$$h_o = 1.96m$$

### b- Cas du décanteur :

On a  $2L = 13.6m$  d'ou  $L = 6.8m$

$$h = 3.25 \quad \text{d'ou}$$

$$L / h = 2.092$$

(La hauteur est prise est égale a 3.25m car l'eau dans la partie basse est confiné)

$$M = \text{masse / unité de la largeur} = 3.25 \times 6.80 \times 1.0 = 44.20 \text{ t / ml}$$



D'après le tableau V-1 :

$$M_i / M = 0.288$$

$$h_i / h = 0.160$$

$$M_o / M = 0.694$$

$$h_o / h = 0.524$$

$$L\Phi_0 / \Lambda_1 = 1.040$$

- *Calcul de la période :*

$$\omega_0^2 = g / L \cdot (L\Phi_0 / \Lambda_1) = 5.15(\text{rd / s})^2 \text{ d'ou } \omega_0 = 2.27 \text{ rd / s}$$

$$f_0 = \Phi_0 / 2\pi \quad \text{donc } f_0 = 0.195 \text{ HZ} \quad \boxed{T = 5.12 \text{ sec}}$$

$S_a = 0.065$  ( donné par le spectre de réponse en accélération pour un valeur de  $f_0$  )

$$\Lambda_1 = s_a / \omega_0^2$$

AN :

$$\boxed{A_1 = 0.01262}$$

- *Calcul de l'angle maximal d'oscillation  $\Phi_0$  :*

$$\Phi_0 = 1040 \times \Lambda_1 / L = 1.040 \times 0.043 / 6.80$$

$$\Phi_0 = 0.0065$$

- *La pression d'impulsion  $P_i$  :*

$$P_i = a_m \cdot M_i$$

$$a_m = 0.15 \quad a_m : \text{accélération maximal du sol}$$

$$M_i = 0.288M = 0.288 \times 44.20 = 12.73 \text{ t}$$

$$\boxed{P_i = 1.909 \text{ t / ml}}$$

- *Hauteur d'impulsion  $h_i$  :*

$$h_i = 0.161 \times h = 0.161 \times 3.25$$

$$\boxed{h_i = 5.23 \text{ m}}$$

- La pression d'oscillation  $P_o$  :

$$P_o = M_o \times g \times \Phi_o \times \sin \omega_o t$$

$$M_o = 0.694 \times M = 0.694 \times 44.20 = 30.674 \text{ t}$$

$$P_o = 30.674 \times 9.81 \times 0.0065$$

$$P_o = 1.955 \text{ t/ml}$$

- Niveau d'application des pressions d'oscillation  $h_o$  :

$$h_o = 0.524 \times h$$

$$h_o = 1.703 \text{ m}$$

### V-3-1 Action de l'eau en SEISME suivant Y :

On a  $2L = 7.8 \text{ m}$  d'où  $L = 3.9 \text{ m}$

$$h = 3.25 \text{ m} \quad \text{d'où}$$

$$L/h = 1.2$$

$$M = \text{masse/unité de longueur} = 3.25 \times 7.8 \times 1.0 = 25.35 \text{ t/ml}$$

D'après le tableau I :

$$M_i / M = 0.474$$

$$h_i / h = 0.9325$$

$$M_o / M = 0.541$$

$$h_o / h = 0.5635$$

$$L\Phi_0 / A_1 = 1.376$$

- Calcul de la période :

$$\omega_o^2 = g / L \cdot (L\Phi_0 / A_1) = 3.4611 (\text{rd/s})^2 \quad \text{d'où} \quad \omega_o = 1.86 \text{ rd/s}$$

$$f_o = \omega_o / 2\pi \quad \text{donc} \quad f_o = 0.296 \text{ HZ} \quad ;$$

$$T = 3.37 \text{ sec}$$

$S_a = 0.065$  ( donné par le spectre de réponse en accélération pour un valeur de  $f_o$  )

$$\omega_o^2 = g / L \cdot (L\Phi_0 / A_1) = g\Phi_0 / A_1 = S_a / A_1 \quad \text{d'où} \quad A_1 = S_a / \omega_o^2$$

$$A_1 = 0.01878$$



- Calcul de l'angle maximal d'oscillation  $\Phi_0$  :

$$\Phi_0 = 1.376 \times 0.01878 / 3.90$$

$$\Phi_0 = 0.0066$$

- La pression d'impulsion  $P_i$  :

$$P_i = a_m \cdot M_i$$

$$a_m = 0.15 \quad a_m : \text{accélération maximal du sol}$$

$$M_i = 0.474 M = 0.474 \times 25.35 = 12.016 \text{ t}$$

$$P_i = 1.8 \text{ t / ml}$$

- Hauteur d'impulsion  $h_i$  :

$$h_i = 0.9325 \times$$

$$h_i = 3.03 \text{ m}$$

- La pression d'oscillation  $P_o$  :

$$P_o = M_o \times g \times \Phi_o \times \sin \omega_o t$$

$$M_o = 0.541 \times M = 13.714 \text{ t}$$

$$P_o = 0.888 \text{ t / ml}$$

- Niveau d'application des pressions d'oscillation  $h_o$  :

$$h_o = 0.5653 \times h$$

$$h_o = 1.83 \text{ m}$$

les efforts de l'action hydrodynamique et leurs points d'applications sont représenté dans la *figure (VIII-5)*.

CHAPITRE VI  
LES COMBINAISONS DES CHARGES

*« Est précise la mesure approchée qui diffère  
peut de la mesure exacte. »*

LAINDE



---

**CHAPITRE VI**  
**LES COMBINAISONS DES CHARGES :**

---

**VI-1- ACTIONS :**

**VI-1-1- Actions permanentes : ( G )**

**A- Poids propre des structures porteuses en béton armé :**

- Eléments en béton armé :  $\gamma = 2.5 \text{ t / m}^3$
- Remblais :  $\gamma = 1.9 \text{ t / m}^3$   $\varphi = 30^\circ$

**B- Charges fixes sur planchers terrasses :**

- Forme de pente en béton maigre épaisseur minimale 0.04 m et suivant pente :  
 $\gamma = 2.2 \text{ t / m}^3$
- Chape de ravaillage sur forme de pente :  
 $0.02\text{m} \times 1.8\text{t / m}^3 = 0.04\text{t / m}^2$
- Enduit sous plafond :  
 $0.02\text{m} \times 1.8\text{t / m}^3 = 0.036\text{t / m}^2$

**VI-1-2- Actions variables : Q**

- a- Surcharge sur remblais autour des ouvrages hydrauliques :  $0.5 \text{ t / m}^2$
- b- Charge d'exploitation sur passerelle et dalle :  $0.2 \text{ t / m}^2$

**VI-2- Sollicitations de calcul :**

Les efforts auxquels sont soumis les différents éléments de la structure sont :

- (1) poids propre de l'ouvrage
- (2) action de la terre au repos

$$h = 59.10 - 58.10 = 1.0\text{m}$$

$$\sigma_v = \gamma \times h = 1.9 \times 1.0 = 1.9 \text{ t / m}^2$$

$$k_o = 1 - \sin\varphi = 0.5$$

$$\sigma_h = k_o \cdot \sigma_v = 0.5 \times 1.9 = 0.95 \text{ t / m}^2$$

- (3) charge hydrostatique de l'eau au repos zone 1 : « Mélangeur rapide »  
regard de  $2.0 \times 1.7\text{m}$

La hauteur d'eau est de 3.3m

- (4) charge hydrostatique de l'eau au repos zone 2 : Flocculateur  
la hauteur d'eau est de 3.25m
- (5) charge hydrostatique de l'eau au repos zone 3 : Décanteur  
la hauteur d'eau est de 5.95m
- (6) action de la terre en séisme  
Le calcul de l'action de la terre en séisme est mené en utilisant la méthode de PRAKASH et SARAN ( voir chapitre IV action de la terre en séisme )
- (7) action de l'eau en séisme suivant X  
Le calcul des efforts est fait en utilisant la méthode HOUZNER ( voir chapitre V étude hydrodynamique )
- (8) action de l'eau en séisme suivant Y  
Le calcul des efforts est fait en utilisant la méthode HOUZNER ( voir chapitre V étude hydrodynamique )
- (9) charge d'exploitation sur remblai  
 $0.5 \text{ t / m}^2$
- (10) charge d'exploitation sur dalle  
 $0.2 \text{ t / m}^2$

### **VI-3- Combinaisons de calcul :**

Les ouvrages seront calculés dans les conditions suivantes :

- Ouvrage rempli sans poussée des terres ( essai d'étanchéité ) au repos
- Ouvrage vide avec poussée des terres au repos
- Ouvrage rempli sans poussée des terres - cas séisme
- Ouvrage vide avec poussée des terres - cas de séisme

Les combinaisons de calcul à étudier avec les coefficients de pondérations suivant les règles BAEL 91 et RPA 88 sont les suivantes :

comb 101 : Action de la terre au repos ( **ELS** )

$$1 \times (1) + 1 \times (2) + 1 \times (9) + 1 \times (10)$$

comb 102 : Action de l'eau au repos dans tous les compartiments ( **ELS** )

$$1 \times (1) + 1 \times (3) + 1 \times (4) + 1 \times (5) + 1 \times (10)$$



comb 103 : Action de l'eau au repos zone 1 mélangeur rapide ( ELS )

$$1 \times (1) + 1 \times (3) + 1 \times (10)$$

comb 104 : Action de l'eau au repos zone 2 flocculateur ( ELS )

$$1 \times (1) + 1 \times (4) + 1 \times (10)$$

comb 105 : Action de l'eau au repos zone 3 décanteur ( ELS )

$$1 \times (1) + 1 \times (5) + 1 \times (10)$$

comb 106 : Action de la terre au repos ( ELU )

$$1.35 \times (1) + 1.35 \times (2) + 1.5 \times (9) + 1.5 \times (10)$$

comb 107 : Action de l'eau au repos dans tous les compartiments ( ELU )

$$1.35 \times (1) + 1.5 \times (3) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5) + 1.35 \times (10)$$

comb 108 : Action de l'eau au repos zone 1 mélangeur rapide ( ELU )

$$1.35 \times (1) + 1.5 \times (3) + 1.5 \times (10)$$

comb 109 : Action de l'eau au repos zone 2 flocculateur ( ELU )

$$1.35 \times (1) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (10)$$

comb 110 : Action de l'eau au repos zone 3 décanteur ( ELU )

$$1.35 \times (1) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (10)$$

comb 111 : Action de la terre en séisme ( ELU ) ( G + Q + E )

$$1 \times (1) + 1 \times (2) + 1 \times (6) + 1 \times (9)$$

comb 112 : Action de l'eau généralisée zones 1,2 et 3 en séisme suivant X ( ELU ) ( G + Q + E )

$$1 \times (1) + 1 \times (3) + 1 \times (4) + 1 \times (5) + 1 \times (7) + 1 \times (10)$$

comb 113 : Action de l'eau généralisée zones 1,2 et 3 en séisme suivant Y ( ELU ) ( G + Q + E )

$$1 \times (1) + 1 \times (3) + 1 \times (4) + 1 \times (5) + 1 \times (8) + 1 \times (10)$$

comb 114 : Action de l'eau zone 2 flocculateur en séisme suivant X ( ELU )  
( G + Q + E )

$$1 \times (1) + 1 \times (4) + 1 \times (7) + 1 \times (10)$$

comb 115 : Action de l'eau zone 2 flocculateur en séisme suivant Y ( ELU )

$$1 \times (1) + 1 \times (4) + 1 \times (8) + 1 \times (10)$$

comb 116 : Action de l'eau zone 3 décanteur en séisme suivant X ( ELU )

$$1 \times (1) + 1 \times (5) + 1 \times (7) + 1 \times (10)$$

comb 117 : Action de l'eau zone 3 décanteur en séisme suivant Y ( ELU )

$$1 \times (1) + 1 \times (5) + 1 \times (8) + 1 \times (10)$$



**CHAPITRE VII**  
**PRESENTATION DU LOGICIEL**  
**SAP 90**

*« Rien n'est bon ni mauvais en soi  
tout dépend de ce que l'on en pense. »*

*CHAKE SPEARE*

## CAPITRE VII PRESENTATION DU LOGICIEL SAP90

Il est très compliqué ou pratiquement impossible de déterminer manuellement les efforts internes vue la forme complexe de l'ouvrage étudié ainsi que l'interaction des parois. Pour cela nous allons utiliser une méthode de calcul à l'aide d'un programme d'éléments finis qui se fait par le logiciel de calcul « SAP90 ».

Le programme SAP ( *Structural Analysis Programs* ), lancé il y a plus de 28 ans a acquis la réputation du logiciel le plus utilisé dans le domaine de l'analyse des structures par éléments finis.

### VII-1. PRESENTATION DU SAP90 .

Opérationnel sur un ordinateur personnel, le SAP90 offre les performances de technologie d'aujourd'hui, capacité de calcul, vitesse d'exécution, précision, analyse statique et dynamique. Le SAP90 est une formule complète, il permet outre la préparation et l'exécution, l'interprétation graphique des résultats de l'analyse. Plus récemment la famille SAP a mis à jour d'autres versions, citons : Le super SAP et Le SAP 2000 (8).

#### VII-1-1. Modélisation :(7)

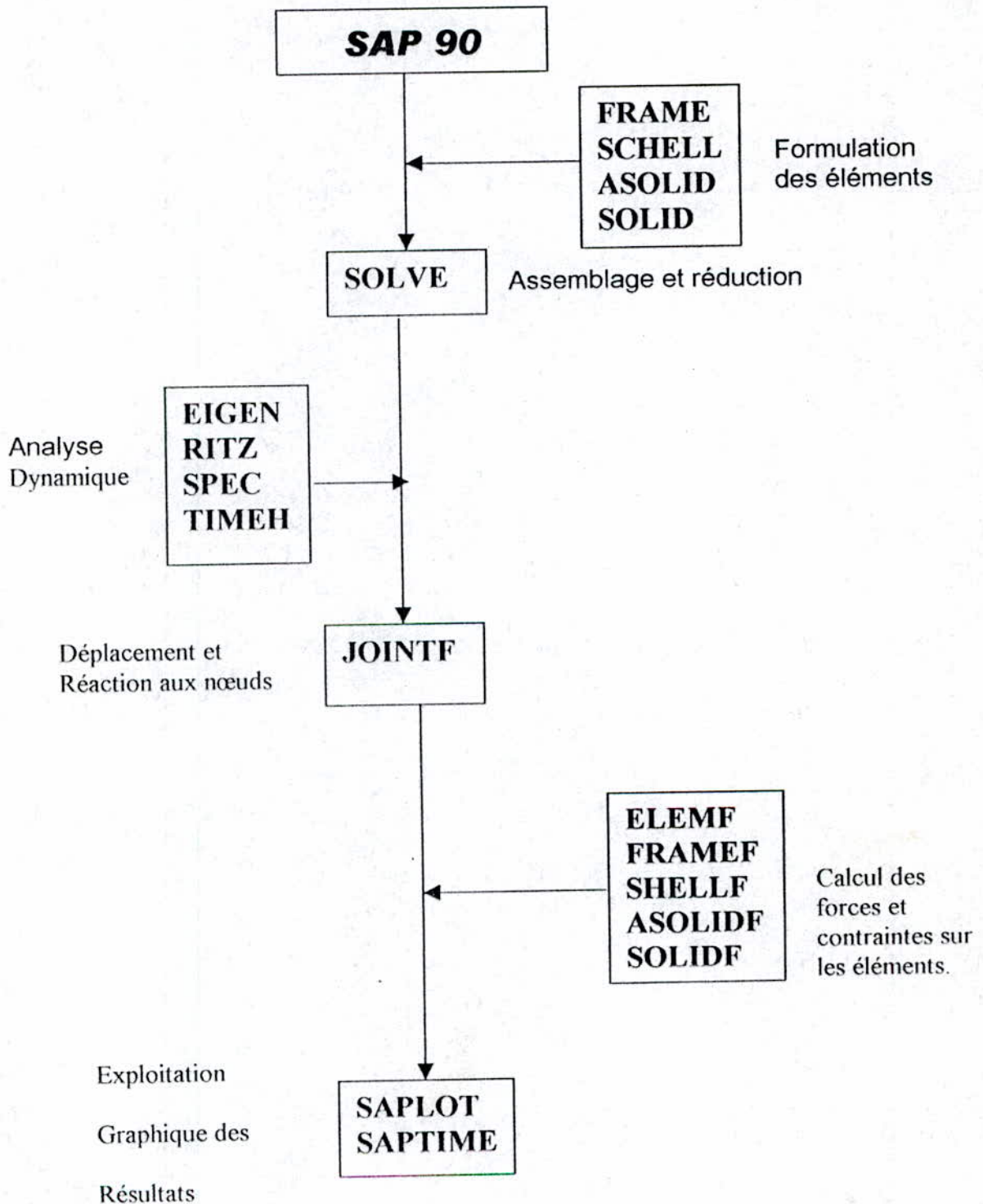
La modélisation géométrique et mécanique d'une structure est basée sur deux pièces maîtresses, à savoir : les nœuds et les éléments. La dimension géométrique d'une structure est établie en plaçant des points «nœuds» identifiés par leurs numéros. dans un repère spatial à l'aide des coordonnées tridimensionnelles. La géométrie de la structure sera complétée en connectant ces nœuds entre eux par des éléments spécifiques tels que Poutres, plaques et coques, . . . etc. Chaque élément a un seul numéro d'identification. Le repère global ayant un système des coordonnées cartésien ( X,Y,Z)est utilisé pour spécifier la position des nœuds , leurs conditions aux appuis , au chargement et au déplacement. Un repère local cartésien (1,2,3) au sein de l'élément type peut être utilisé. La position de ce repère diffère d'un élément à un autre. Généralement, les nœuds d'une structure spatiale possédant six degrés de libertés : trois en translation ( Dx, Dy, Dz)et trois en rotation (Rx, Ry, Rz), et qui sont à défaut libres (=0) , ou ils peuvent être rigidifiés (=1) selon les conditions aux limites .

Six options de générations peuvent être utilisées pour positionner les nœuds qui sont de type LINEAR (linéaire), QUADRILATERAL



(quadrilatérale). **FRONTAL** (frontale), **LAGRANGIAN** (lagrangienne), et **CYLINDRICAL**(cylindrique).

Les nœuds peuvent être chargés, libres, appuyés sur des supports rigides ou flexibles et ils peuvent être conditionnés entre eux par une liaison rigide selon une direction donnée.



**FIGURE ( VII-1) : Organigramme du SAP90**

**VII-1-2. Fonctionnement :**

Le programme SAP 90 est un ensemble de programme (modules) et qui sont exécutés dans un ordre déterminée. La disposition de ces modules et les phases d'exécution sont illustrées dans la *figure (VII-1)*.

Le module SAP 90 est toujours exécuté le premier à sa requête, on doit lui spécifier le nom du fichier de données de la structure à traiter. Une exécution sans erreurs de ce module va créer le fichier GO.SSS cette dernière comporte une série de modules qui sont activés pour le traitement de la structure particulière et suivant les types d'analyse désirés l'étape Suivante est de lancer Go pour exécuter cette série de commandes après nous obtenons les fichiers résultats suivants :

**VII-1-3 L'obtentions des fichiers résultats :[7]**

<i>FICHER</i>	<i>DESCRIPTION</i>
EXEMPLE . SAP	Image ordonnée du fichier de donnée
EXEMPLE . EIG	Fréquences et paramètres modales (vecteurs propres)
EXEMPLE . RIT	Fréquences et paramètres modales (vecteurs de Ritz)
EXEMPLE . SPC	Facteurs modaux d'analyse spectrale
EXEMPLE . SOL	Déplacements et réaction aux nœuds (étude statique et dynamique)
EXEMPLE . F3 F	Forces sur un élément FRAME (étude statique et dynamique)
EXEMPLE . F4 F	Forces sur un élément SHELL(étude statique et dynamique)
EXEMPLE . F5 F	Forces sur un élément ASOLID(étude statique et dynamique)
EXEMPLE . FP F	Forces sur un élément SOLID(étude statique et dynamique)
EXEMPLE . FEF	Forces sur les nœuds d'un élément (étude statique et dynamique)
EXEMPLE . FRR	Erreurs et avertissements.

**VII-1-4. Exploitation graphique « SAPLOT » .**

SAPLOT est un processeur des résultats de l'analyse statique et dynamique de SAP 90.

Il permet d'afficher des vues en 02 ou 03 dimensions des entités suivantes :

- Forme indéformée de la structure.
- Forme déformée de la structure.
- Forme modales.
- Charges appliquées.
- Diagrammes des forces et des moments.
- Lignes iso contraintes.



### VII-1-5. Organisation du fichier de donnée :{ 7 }

Les données sont organisées en dix neuf blocs constituant chacun d'eux une partie bien définie, un bloc est identifié par 500 nom. Parmi les blocs il y a deux qui sont obligatoires, mais la présence des autres dépend de la structure à analyser.

<b>N°</b>	<b>Bloc</b>	<b>Description</b>	<b>Obligation</b>
<b>1</b>	TITE LINE	Titre du problème	Oui
<b>2</b>	SYSTEM	Informations de contrôle	Oui
<b>3</b>	JOINTS	Coordonnées des nœuds	Oui
<b>4</b>	RESTRAINTS	Conditions aux appuis	Oui
<b>5</b>	SPRINGS	Appuis élastiques	Non
<b>6</b>	MASSES	Masses concentrées aux nœuds	Non
<b>7</b>	POTENTIEL	Pression ou température	Non
<b>8</b>	CONSTRAINTS	Rigidité inter-nodale	Non *
<b>9</b>	FRAME	Élément de poutre	Non *
<b>10</b>	SHELL	Élément couque	Non *
<b>11</b>	ASOLID	Élément plan ou axisymétrique	Non *
<b>12</b>	SOLID	Élément de volume	Non
<b>13</b>	LOADS	Charges aux nœuds	Non
<b>14</b>	DISPLACEMENTS	Déplacements aux nœuds	Non
<b>15</b>	PRESTRESS	Charges de précontrainte	Non
<b>16</b>	SPEC	Reponse spectrale	Non
<b>17</b>	TIMEH	Domaine temporel	Non
<b>18</b>	COMBO	Combinaison de charge	Non
<b>19</b>	SELECT	Sélection des résultats	Non

→ « \* » Au moins un parmi les quatres doit être spécifié .

## VII-2 ANALYSE : [ 8 ]

### VII-2-1 Analyse statique :

L'analyse statique implique la résolution d'un système d'équation linéaire de types :

$$[K] \cdot [U] = \{R\}$$

Ou :

[K] : Représente la matrice de rigidité.

[U] : Vecteur de déplacement.

{R} : Vecteur de chargement.

La structure peut être analysée pour plusieurs cas de cours d'un seul passage.

### VII-2-2. Analyse dynamique :

L'analyse dynamique peut être effectuée en même temps que l'analyse statique.

Une étude dynamique peut être menée selon les méthodes suivantes

#### *a. Analyse dynamique directe :*

Un type classique est le changement de la structure par des forces harmoniques sous la forme :

$$\{R\} = \{F\} \cdot \sin(\omega t).$$

ou :  $\omega$  est la pulsation de l'excitation .

L'équation d'équilibre pour ce type de structure a la forme suivante :

$$[K] \cdot \{u\} + [M] \cdot \{\ddot{u}\} = \{R\}$$

où :

[M] : matrice des masses,



$\{\ddot{u}\}$  : accélération de la structure.

**b- Analyse d 'un problème aux valeurs propres :**

La résolution d'un système libre non amorti revient à déterminer les valeurs et les formes propres de l'équation :

$$[K]. \{\phi\} = [M].[\phi].[\Omega^2]$$

ou :

$[\Omega^2]$  : matrice diagonale formée de valeurs propres .

$\{\phi\}$  : matrice dont les colonnes représentent des valeurs propre .

**c- Analyse avec les vecteurs de Ritz :**

Une récente recherche a démontré que les modes de vibration ne donnent pas une meilleure base pour l'analyse dynamique des structure soumises à un chargement dynamique . la raison pour laquelle les vecteurs de ritz produisent d'excellents et qu'ils sont générés en considération la distribution spatiale du chargement dynamique .

**D – Analyse spectrale :**

L'équation d'équilibre dynamique d'une structure soumise à une excitation sismique est la suivante :

$$[K]. \{u\} + [C]. \{\dot{u}\} + [M]. \{\ddot{u}\} = [M]. \{\ddot{u}_s\}$$

avec :

$[C]$  : matrice d'amortissement ,

$\{\ddot{u}_s\}$  : accélération du sol ,

$\{u\}, \{\dot{u}\}, \{\ddot{u}\}$  : déplacement , vitesse et accélération de la structure .

**e- Analyse dynamique dans le domaine temporel :**

Dans le cas générale , le chargement appliqué sur une structure donnée est une fonction arbitraire de l'espace et du temps  $F(s,t)$  .

$$F(s,t) = \sum G(s)_i \times f(t)_i$$

Pour le SAP90 , le vecteur spatial peut être défini comme le vecteur de chargement  $G(s)$  et la fonction  $f(t)$  peut être défini comme une fonction du temps arbitraire ou périodique .

# CHAPITRE VIII

## DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE



**c - Joints** : ( introduction des nœuds)

Cette section définit les nœuds de la structure avec les coordonnées associées dans le repère (X , Y, Z ).

**d- Shell** : élément de plaque

- *Information de contrôle*

NM =1 : nombre de types de matériaux

Z = -1 : coefficient de pondération du poids de la structure

- *Définition des propriétés des matériaux*

$E=3.2 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$  : module d'élasticité longitudinale

$U = \begin{cases} 0 & \text{ELU} \\ 0.2 & \text{ELS} \end{cases}$  coefficient de POISSON

$W=25 \text{ KN/m}^3$  : poids propre / unité de volume

$m=0.25$  : masse par unité de volume .

- *Emplacement des éléments :*

$th=30 \text{ cm}$  : épaisseur

$M=1$  : type de matériaux de l'élément (B.A)

**F- Restraints** : conditions aux appuis

Tous les nœuds d'une structure ont six (6) degrés de liberté : trois (3) translations et trois (3) rotations.

**J- Combo** : combinaison des chargements

Nous allons introduire les différents types de chargement a ELU et ELS : voir chapitre VII

**Remarque**

Pour le cas dynamique, la modélisation du fluide est pour le cas dynamique en a remplacé les force réelle dynamique par un système de forces d'applications (voir *chapitre V*)

## **CHAPITRE VIII**

### ***DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE***

La structure « Mélangeur rapide – Flocculateur - Décanteur » est une association de différents types d'éléments tels que , les dalles, les voiles les poutres et les poteaux.

Au vu du monlithisme de la structure, et de sa complexité il est presque impossible de traiter les éléments d'ouvrage, séparément. On est donc amené à traiter notre structure en entier, grâce à un calcul automatique en utilisant le SAP90.

#### **VIII-1 MODÉLISATION DE LA STRUCTURE**

La modélisation des dalles et voiles s'effectue a l'aide de l'élément de basse « SHELL ».

La structure sera découpée en nombre fini d'élément rectangulaire et triangulaire, d'épaisseur variables entre 20 et 30cm, ils seront définis en élément plaque.

Pour la modélisation des poutres et poteaux, nous utiliserons l'élément fini de base « FRAME » défini dans le *chapitre VII*.

#### **VIII-2 Fichier de données** : (voire annexe 1)

Les données nécessaires doivent suivre la syntaxe suivante afin d'établir un fichier de donnée exact.

**a- Titre line** : (titre de problème)

Il définit la nature du travail effectuer et apparaît sur toutes les sortir (fichier résultats) : SSS

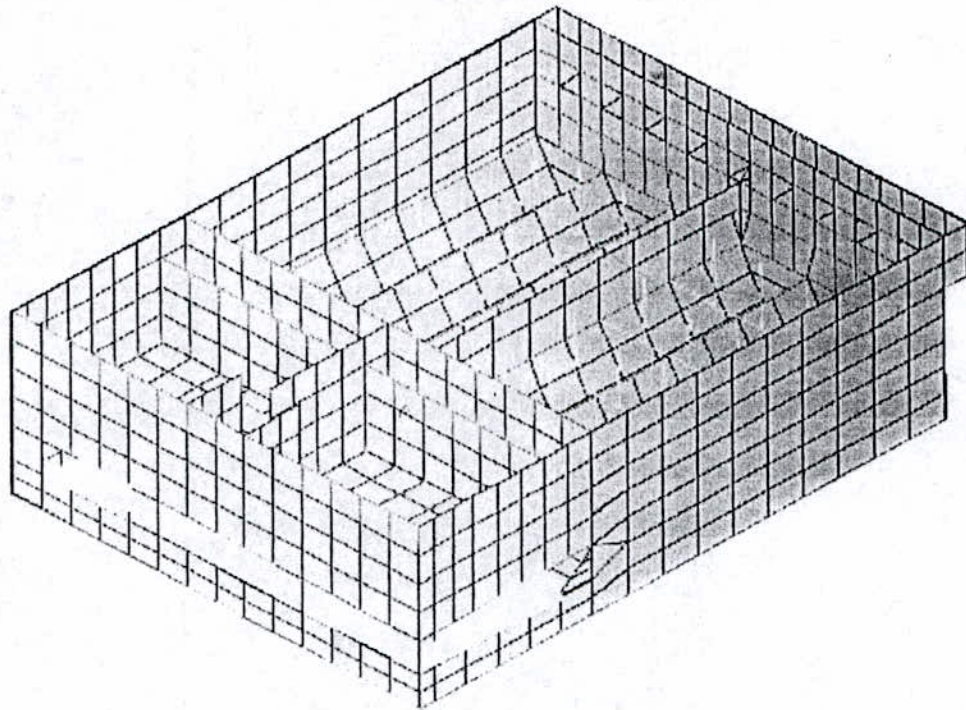
**b- Système** : ( système de données)

Cette section définit les données du contrôle associées à l'étude de la structure..

N =1332 nombre des nœuds

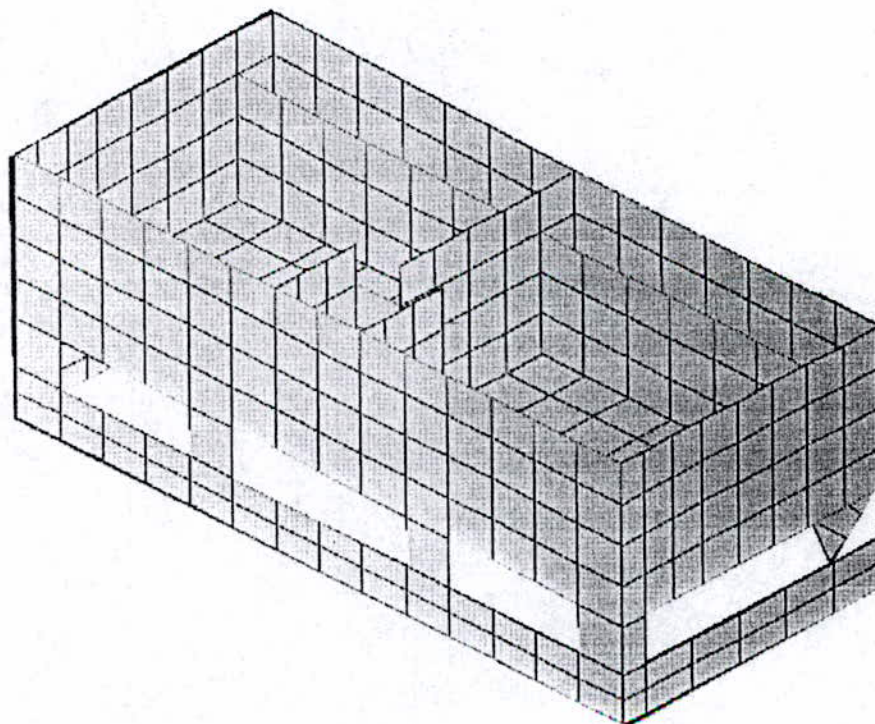
L=3 nombre de cas de charge.





557  
 04/11/11  
 14:34  
 OPTIONS  
 557

Figure (VIII-1) : Forme globale de la structure(Mélangeur rapide-Décanteur- Flocurateur).



557  
 04/11/11  
 14:34  
 OPTIONS  
 557

Figure (VIII-2) : La partie « Mélangeur rapide- Floculateur ».



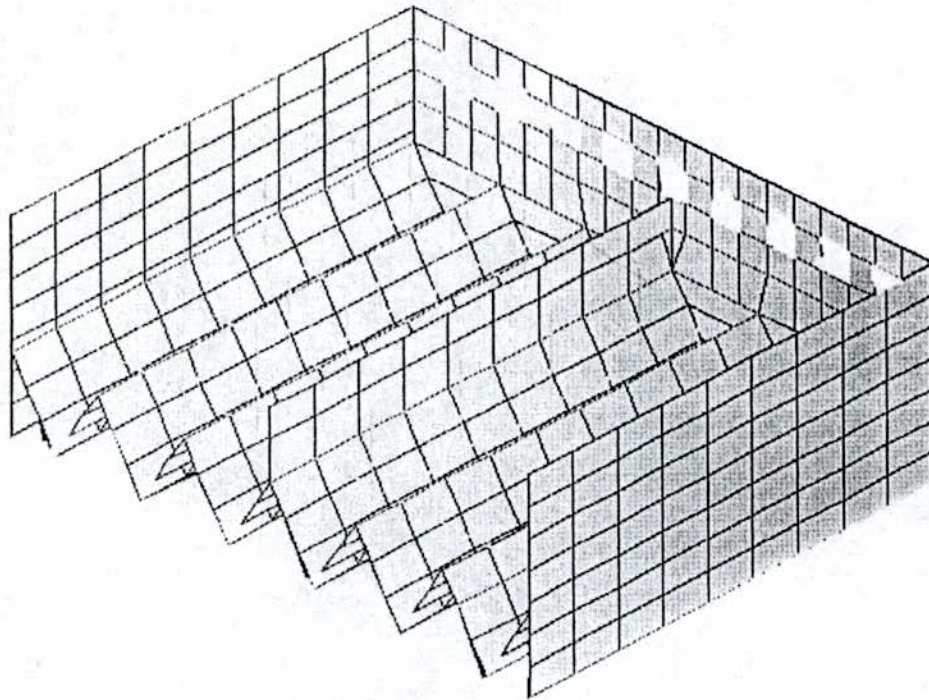


Figure (VIII-3) : La partie «Décanteur »

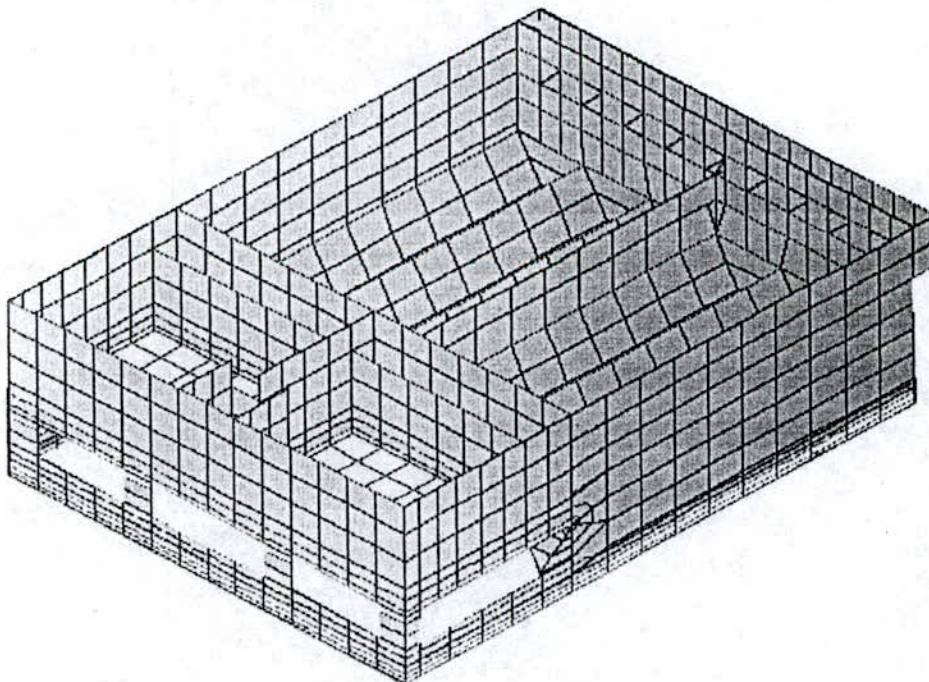
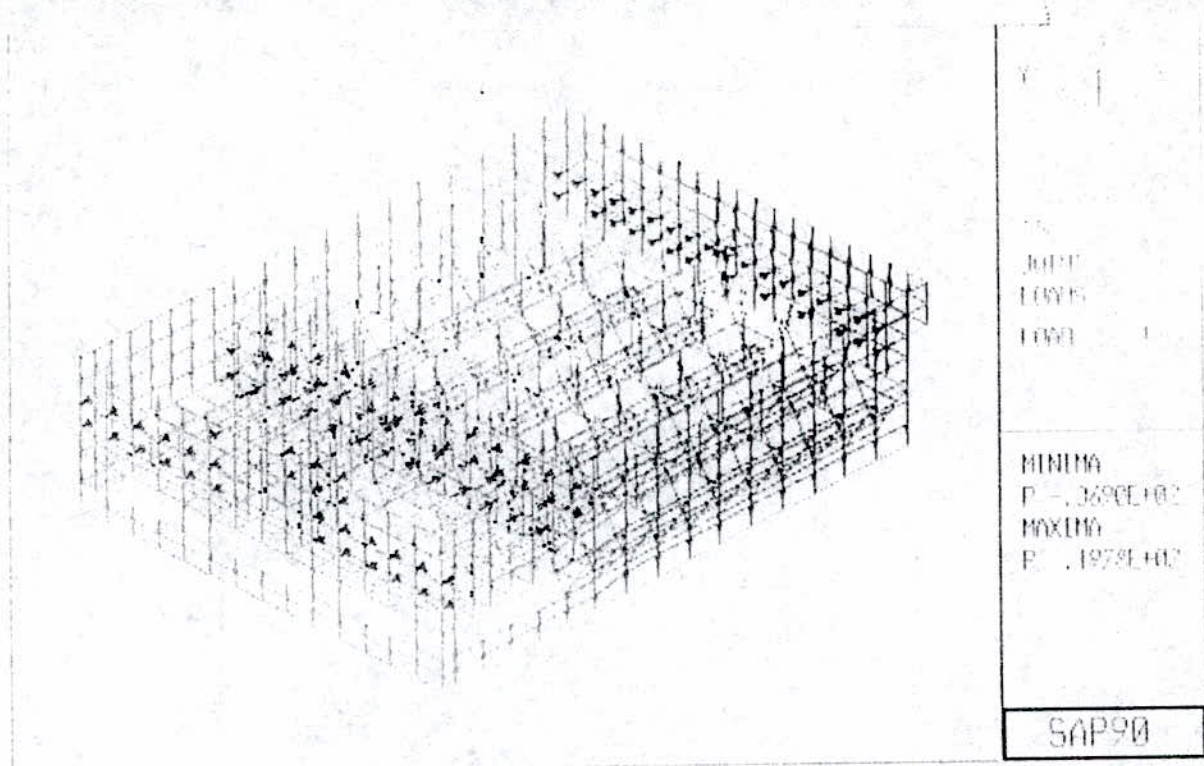
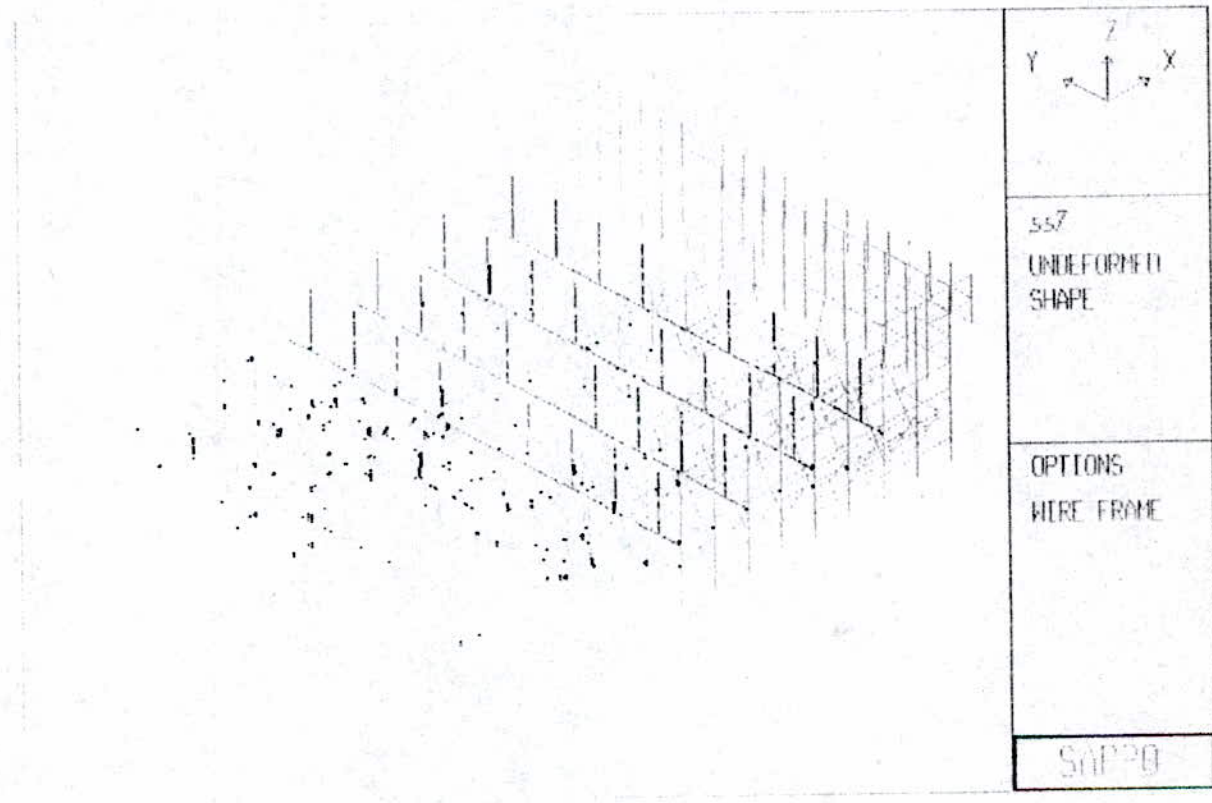


Figure (VIII-4) : Diagramme de la pression





**Figure (VIII-5) : Chargement des efforts de l'eau en cas de séisme**



**Figure (VIII-6) : Élément poutre poteau.**

## VIII-3 FERRAILLAGE DES ELEMENT

### VIII-3-1. Calcul de la dalle

Cette dalle sert à collecter les eaux dans la partie (Floculateur - Mélangeur)

$$L_x = 6.6 \text{ m} \quad L_y = 15.5 \text{ m}$$

$$\text{Epaisseur de la dalle : } e = 30 \text{ cm.} \quad d = 0.27 \text{ m} \quad d' = 0.03 \text{ m}$$

#### Actions sur la dalle :

Les chargements sur la dalle dans le cas défavorable sont :

Charge permanente (G)

Charge d'exploitation (Q)

La charge hydrostatique ( $Q_{\text{eau}}$ )

Elle correspond à la combinaison 102 (voir Ch VI)

#### a- Calcul à l'ELU

$$b = 1 \text{ m ; } h = 30 \text{ cm ; } d = 27 \text{ cm ; } d' = 3 \text{ cm.}$$

##### • En travée

\* suivant x :

$$M_u = 60.7 \text{ KN.m (joint 169)}$$

$$N_u = -30.64 \text{ KN (compression).}$$

La section soumise à la flexion composée.

$$e_0 = \frac{M_u}{N_u} = 1.98 \text{ m}$$

$$e_{AS} = e_0 + \left( \frac{d - d'}{2} \right) = 2.1 \text{ m}$$

$$\begin{cases} a = (0.337h - 0.81d') b h f_{bu} = 0.3133 \\ b = N(d - d') = -0.055 \\ c = (0.5h - d') b h f_{bu} \end{cases}$$

$$b < 0$$

⇒ La section étant partiellement comprimée

⇒ Calcul par assimilation à la flexion simple.

$$M_{UA} = N_u e_{AS} = 30.64 \times 2.1 \text{ KN.m} = 64.344 \text{ KN.m}$$

$$\mu_{bu} < \mu_{bu} \Rightarrow A_{sc} = 0$$

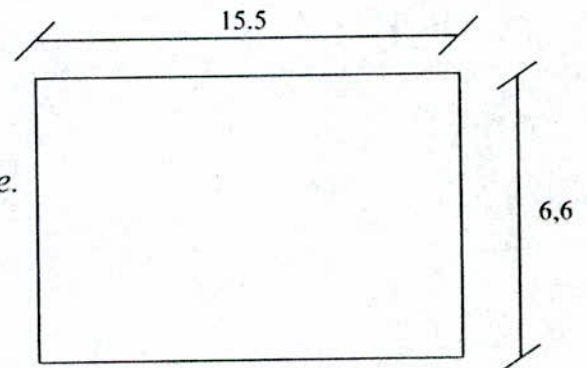
$$\alpha = 1.25 \left( 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}} \right) = 0.084$$

$$Z_b = d(1 - 0.4\alpha) = 0.26 \text{ m}$$

$$A_{Su} = \frac{M_{UA}}{Z_b \cdot f_{Su}} - \frac{N_u}{f_{Su}} = 6.22 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

\* suivant y

$$M_u = 93.2 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{joint 226})$$





$$N_U = -107,6 \text{ KN} \quad e_0 = \frac{M_U}{N_U} = 0,866 \text{ m} \quad e_{AS} = e_0 + \left( \frac{d-d'}{2} \right) = 0,986$$

$$\begin{cases} a = 0,31333 \\ b = -0,077 \\ c = 0,00049 \end{cases} \quad b < 0$$

La section étant partiellement comprimée

⇒ Calcul par assimilation à la flexion simple.

$$M_{UA} = N_U \cdot e_{AS} = 106,1 \text{ KN.m}$$

$$\mu_{bu} = \frac{M_{UA}}{bd^2 f_{bu}} = 0,107 < \mu_{bu}$$

$$\alpha = 0,142 < \alpha_{AB} = 0,259 \quad Z_b = 0,255$$

$$A_{Su} = \frac{M_{UA}}{Z_b \cdot f_{Su}} - \frac{N_U}{f_{Su}} = 8,87 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

• **En appui**

\* suivant X

$$x=0 ;$$

$$M_U = -101 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{joint } 50)$$

$$N_U = 21,52 \text{ KN}$$

$$e_0 = \frac{M_U}{N_U} = 4,69 \text{ m} \quad e_{AS} = 4,81 \text{ m}$$

la section étant partiellement comprimée

⇒ Calcul par assimilation à la flexion simple.

$$M_{Ua} = N_U \cdot e_{AS} = 103,51 \text{ KN.m}$$

$$\mu_{bu} = 0,1044 < \mu_{bu} 0,3 \Rightarrow A_{Sc} = 0 \text{ (acier inférieur)}$$

$$\alpha = 0,138 \quad Z_b = 0,255 \text{ m}$$

$$A_{Su} = \frac{M_{Ua}}{Z_b \cdot f_{Su}} + \frac{N_U}{f_{Su}} = 11,04 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$x=6,6 ;$$

$$M_U = -42,7 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{joint } 214)$$

$$N_U = 16,66 \text{ KN}$$

$$\frac{M_U}{N_U} = 2,56 \text{ m} \quad e_{AS} = 2,56 + 0,12 = 2,68 \text{ m}$$

la section étant partiellement comprimée

⇒ Calcul par assimilation à la flexion simple.

$$M_{Ua} = N_U \cdot e_{AS} = 44,65 \text{ KN.m}$$

$$\mu_{bu} = \frac{N_{ua}}{bd^2 f_{bu}} = 0,045 < \mu_{bu} 0,3 \Rightarrow A_{Sc} = 0$$

$$\alpha = 0,057 \quad Z_b = 0,264 \text{ m}$$

$$A_{Su} = \frac{M_{Ua}}{Z_b \cdot f_{Su}} = 4,38 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

\* suivant y :

$$y=0 ;$$

$$M_U = -81,1 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{joint } 180)$$

$$N_U = -56,32 \text{ KN} \quad (\text{compression})$$

$$e_0 = \frac{M_U}{N_U} = 1,44 \text{ m}$$

$$e_{AS} = 1,56 \text{ m}$$

la section étant partiellement comprimée  $\Rightarrow$  Calcul par assimilation à la flexion simple.

$$M_{Ua} = N_U \cdot e_{AS} = 87,86 \text{ KN.m}$$

$$\mu_{bu} = \frac{N_{ua}}{bd^2 f_{bu}} = 0,0886 < \mu_{lu} 0,3 \Rightarrow A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 0,116$$

$$Z_b = 0,257 \text{ m}$$

$$A_{Su} = \frac{M_{Ua}}{Z_b \cdot f_{Su}} - \frac{N_U}{f_{Su}} = 8,2 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

(Armature supérieure)

$$y=7,75 ;$$

$$M_U = -42,7 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{joint } 214)$$

$$N_U = -16,16 \text{ KN} \quad \text{compression}$$

$$e_0 = \frac{M_U}{N_U} = 2,642 \text{ m}$$

$$e_{AS} = 2,76 \text{ m} \quad \Rightarrow \text{section étant partiellement comprimée}$$

$$M_{Ua} = N_U \cdot e_{AS} = 44,6 \text{ KN.m}$$

$$\mu_{bu} = \frac{N_{ua}}{bd^2 f_{bu}} = 0,045 < \mu_{lu} 0,3 \Rightarrow A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 0,057$$

$$Z_b = 0,26$$

$$A_{Su} = \frac{M_{Ua}}{Z_b \cdot f_{Su}} - \frac{N_U}{f_{Su}} = 3,7 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

(Armature supérieure)

$$y=15,5$$

pour raison de symétrie les valeurs des sections d'armature sont les mêmes pour les appuis de (y=0)

$$A_{sc} = 0$$

$$A_{sc} = 8,2 \text{ cm}^2$$

(Armature supérieure)



**b- Calcul à l'ELS :**

$$b=1 \text{ m} ; \quad d=27 \text{ cm} ; \quad d'=3 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma}_b = 14,4 \text{ MPa} ; \quad \bar{\sigma}_b = 173 \text{ MPa} ; \quad n=15 \text{ (coefficient d'équivalence)}$$

$$M_{l,ser} = \frac{M_{lu}}{\gamma} = 212,13 \text{ KN.m} ; \quad \mu_{ab} = \frac{M_{l,ser}}{bd^2\sigma_b} = 0,202$$

• **En travée :**

\* suivant X

$$M_{ser} = 38,8 \text{ KN.m} \quad N_{ser} = -36,5 \text{ KN}$$

$$e_0 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 1,063 \text{ m} \quad e_{AS} = 1,18 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = 43,07 \text{ KN.m} \quad \mu_{h,ser} = 0,041 < \mu_{ab} = 0,202$$

$$\alpha = 0,085 \Rightarrow 0,262 \text{ m}$$

$$A_s = \frac{M_{ser a}}{Z_h \cdot \sigma_s} - \frac{N_{ser}}{\sigma_s} = 9,3 \text{ cm}^2 - 2,2 \text{ cm}^2 = \boxed{7,1 \text{ cm}^2}$$

\* suivant y :

$$M_{ser} = 61 \text{ KN.m} \quad (\text{joint 226})$$

$$N_{ser} = -134,1 \quad e_{AS} = 0,57 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = 76,437 \text{ KN.m} \quad \mu_{ser} = 0,0728$$

$$\alpha = 0,15 \Rightarrow Z_h = 0,256 \text{ m}$$

$$A_s = 9,35 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

• **en appui**

\* suivant X

$$X=0 :$$

$$M_{ser} = -75,5 \text{ KN.m} \quad (\text{joint 50})$$

$$N_{ser} = 41,72 \quad e_{AS} = 1,93 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = 80,5 \text{ KN.m} \quad \mu_{ser} = 0,0767 < \mu_{ab} \Rightarrow (A_{sc} = 0)$$

$$\alpha = 0,16 \Rightarrow Z_h = 0,25 \text{ m}$$

$$A_s = 15,925 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

X=6.6 :

$$M_{ser} = -26,8 \text{ KN.m} \quad (\text{joint 213})$$

$$N_{ser} = 18,47 \text{ KN} \quad e_{AS} = 1,57 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = 29 \text{ KN.m} \quad \mu_{ser} = 0,0276 < \mu_{ab}$$

$$\alpha = 0,056 \Rightarrow Z_h = 0,265 \text{ m}$$

$$A_s = 5,168 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

\* suivant y

$$y=0 :$$

$$M_{ser} = -56,4 \text{ KN.m} \quad (\text{joint 180})$$

$$N_{ser} = 84,77 \text{ KN} \quad e_{AS} = 0,785 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = -66,54 \text{ KN.m} \quad \mu_{b,ser} = 0,063 < \mu_{ab}$$

$$\alpha = 0,132 \Rightarrow Z_h = 0,264 \text{ m} \quad A_s = 9,5 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$y = 7,75 \text{ m}$$

$$M_{ser} = -50 \text{ KN.m} \quad (\text{joint 188})$$

$$N_{ser} = -142,72 \text{ KN} \quad e_{AS} = 0,47 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = 67,126 \text{ KN.m} \quad \mu_{b,ser} = 0,064 < \mu_{ab}$$

$$\alpha = 0,134 \Rightarrow Z_h = 0,258 \text{ m} \quad A_s = 6,68 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$y = 15,5 \text{ m} \quad \text{même section que } A(y=0)$$

$$A_s = 9,5 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

### c- Choix du ferrailage

$$A_s = \max(A_{ser}, A_u) = A_{ser}$$

### Versification du ferrailage minimum :

vérifions la condition de non fragilité [BAEL.art.A.8.2.4] suivant X

$$\text{On doit avoir : } \frac{A_x}{b \times h} \geq \left[ \frac{3 - \rho}{2} \right] l_0$$

sachant que dans notre cas ;

$$\rho = l_x / l_y = 0,425 \quad b = 1 \text{ m} \quad n = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_0 = 0,0008 (\% \text{ min} = 0,23 \quad f_y / f_e)$$

$$A.N : A_x \geq A_{\min} = 3,09 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Vérifiée}$$

suivant y

$$\text{On doit avoir : } \frac{A_x}{b \times h} \geq \rho_0$$

$$A.N : A_y \geq A_{\min} = 100 \times 30 \times 0,0008 = 2,4 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Vérifiée}$$

### b vérification de la flèche

D'après l'expression de la flèche max. donnée par les BAEL83 :

$$q = 64 * 10^{-4x} \text{ KN/cm}^2 \quad l_x = 660 \text{ cm} \quad E = 1067 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = \frac{b \times e^3}{12} = 100 \times 30^3 / 12 = 225000 \text{ cm}^2$$

$$A.N : f_{\max} = 0,0726 \text{ cm} < \frac{l_x}{500} = 1,32 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifie}$$

### Vérification au cisaillement :

Il n'est pas nécessaire de prévoir une armature transversale d'effort tranchant car les conditions données par les BAEL-83 sont vérifiées ?

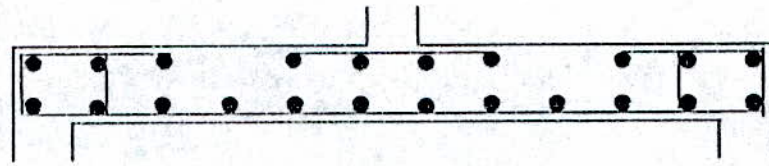
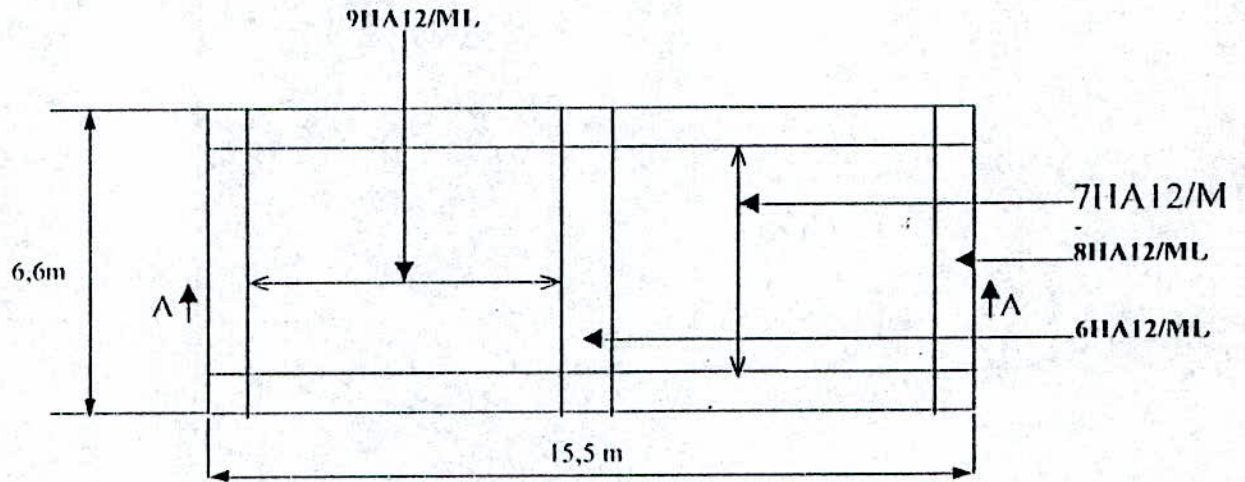
la dalle est bétonnée sans reprise sur toute son épaisseur et le constant tangent  $\tau_u$  vérifie la relation :

$$\tau_u \leq 0,05 f_{c28}$$

La valeur de  $\tau_{u \max}$  est donnée par le SAP90 est :

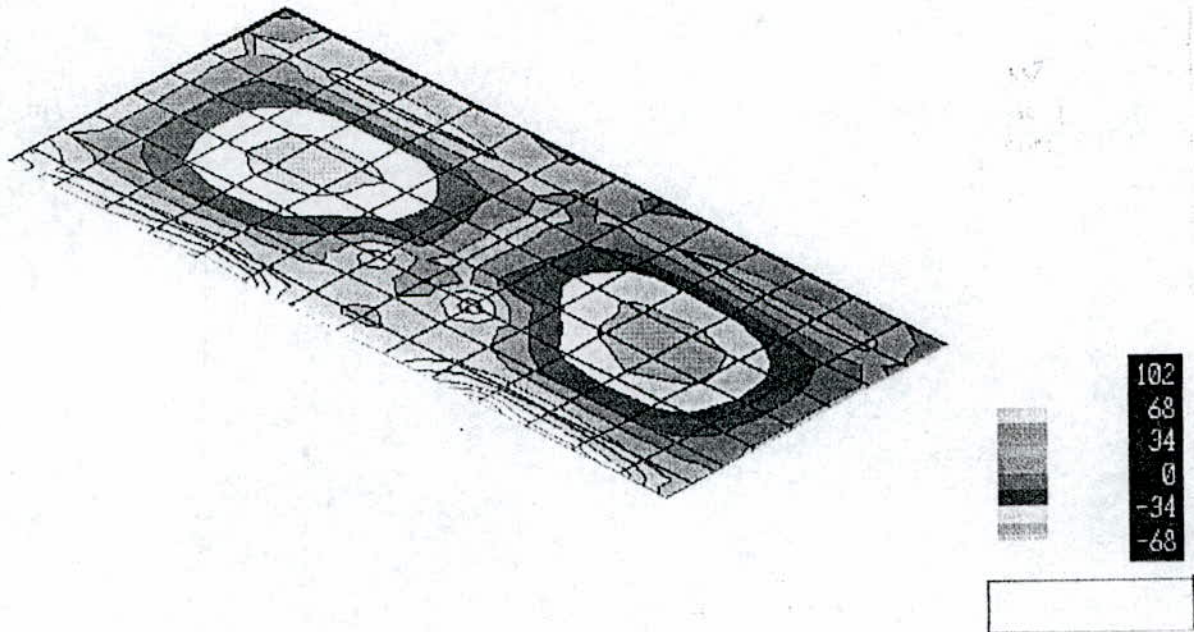
$$S_{12} = 353 \text{ KN/m}^2 \rightarrow (\text{joint n}^\circ 211 \text{ à l'ELU})$$



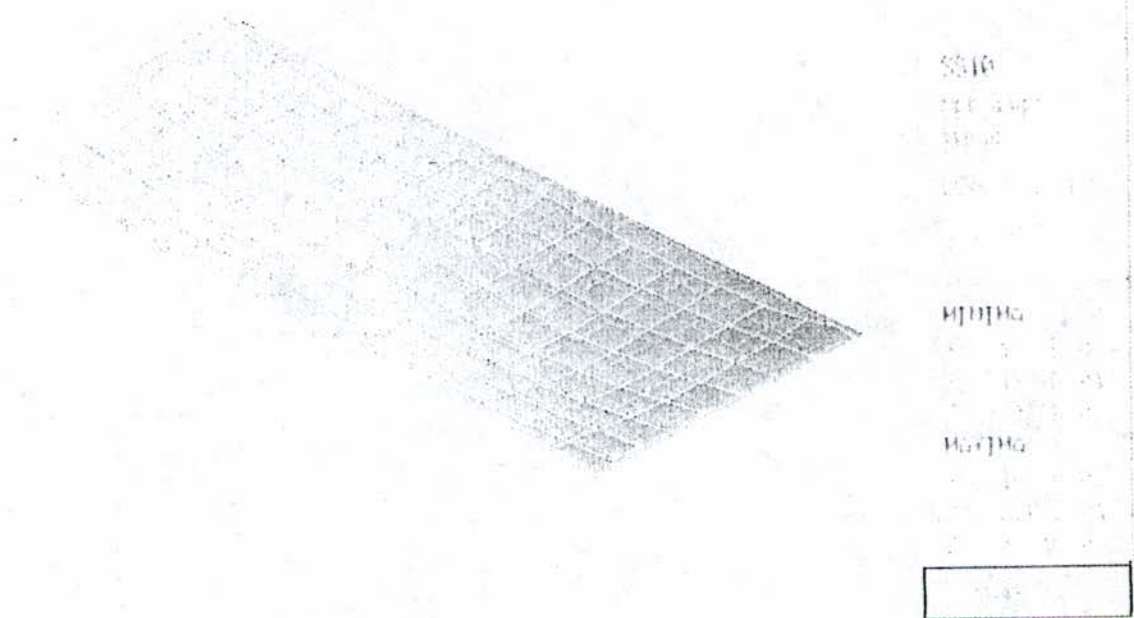


Coupe A-A

Figure : Ferrailage de la dalle



*Figure (VIII-7) : Diagramme des moments*



*Figure (VIII-8) : Déformée de la dalle*



### VIII-3-2 CALCUL DES VOILES :

Les voiles servent à collecter des eaux en collaboration avec la dalle et les voiles inclinées, et d'assurer la stabilité de l'ouvrage vis à vis des différents efforts du au séisme, aux charges hydrostatiques et hydrodynamiques, et aux charges verticales .

Pour le calcul des voiles nous allons choisir comme type de voile le voile(1). La combinaison défavorable correspondant aux actions présenté dans le schéma ci-dessous ( Voile n°1).

Les sollicitations revenant à une bonde de 1m de largeur sont

$$(1) \quad \begin{cases} M_{U1} = 339 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{jo int } 962) \\ N_{U1} = -59.45 \text{ KN (compression)} \end{cases}$$

le calcul de la section d'armature s'effectue en flexion composée.

$$e_{As} = M/N = 5.82\text{m} \quad b = 0.3\text{m}$$

$$a = 0.3133 \quad b = -0.056 \quad c = 0.00049$$

$$b < 0 \Rightarrow$$

La section du béton étant partiellement comprimée  $\Rightarrow$  calcul par assimilation à la flexion simple

$$M_{U\Lambda} = N_{U1} \cdot e_{AS} = 346 \text{ KN.m}$$

$$M_{ser} = -54.2 \text{ KN.m (sens inverse)}$$

$$\mu_b = \frac{M_{U\Lambda}}{bd^2 f_{bu}} = 0.349 > \mu_l = 0.3 \Rightarrow A_{SC} \neq 0$$

$$\alpha = 0.549 > \alpha_l = 0.259 \Rightarrow \text{pivot B}$$

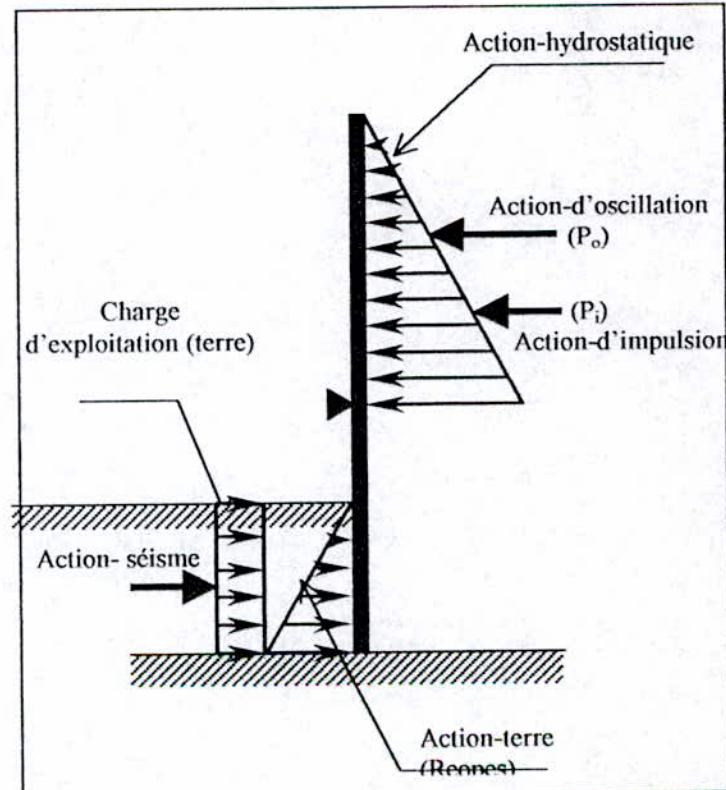
$$Z_b = 0.21 \text{ m} \quad M_{lu} = 297 \text{ KN.m}$$

$$\varepsilon_s = 287 \% \rightarrow \sigma_{sc} = g(\varepsilon_s) = 347.8 \text{ MPa}$$

(tableau (IV-2) BELAZOUGUI)

$$A_{sc} = \frac{M_{U\Lambda} - M_l}{\sigma_{sc} (d - d')}$$

$$A_s = \left[ \frac{M_{lu}}{Z_{bl} \times f_{su}} + A_{sc} \frac{\sigma_{sc} l}{f_{su}} \right] - \frac{N_u}{f_{su}}$$



Voile n°1

**A.N**

$$\begin{cases} A_{sc} = 6.4 \text{ cm}^2 & (\text{armature exterieure}) \\ A_s = 45.12 \text{ cm}^2 & (\text{armature interieure}) \end{cases}$$

$$(2) \begin{cases} M_{II} = -58 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{jo int } 1002) \\ N_{II} = -34.5 \text{ KN} \end{cases}$$

$$b = -0.0527 < 0$$

$$e_{As} = 1.8 \text{ m} \quad \text{la section est partiellement comprimée}$$

$$M_{U\Lambda} = 62.1 \text{ KN.m} \quad \mu_b = 0.06 < \mu_l \Rightarrow A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 0.081 < \alpha_l \Rightarrow \text{pivot } A$$

$$Z_b = 0.26 \text{ m}$$

$$A_s = 5.87 \text{ cm}^2 \quad (\text{armature exterieur})$$

**a- Calcul a l'ELS**

$$(1) \begin{cases} M_{ser} = 250 \text{ KN.m} \rightarrow (\text{jo int } 962) \\ N_{II} = 59.45 \text{ KN} \end{cases}$$

$$e_{As} = 4.32 \text{ m} \quad \text{la section est partiellement comprimée}$$

$$\mu_b = 0.24 > \mu_{ab} = 0.202 \Rightarrow A_{sc} \neq 0$$

$$\alpha = 0.338 \quad Z_b = 0.24 \text{ m}$$

$$M_{sera} = N_{ser} \cdot e_{AS} = 256.8 \text{ KN}$$

$$A_{sc' ser} = \frac{M_{ser} - M_{I ser}}{\sigma_{sc' ser} (d - d')} = 10.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s ser} = \left[ \frac{M_{I ser}}{Z_{bl} \times \sigma_{seru}} + A_{sc' ser} \frac{\sigma_{sc' ser}}{\sigma_{s ser}} \right] - \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

**A.N**

$$A_{s ser} = 10.6 \text{ cm}^2 \quad A_s = 57.41 \text{ cm}^2$$

$$M_{ser} = -40.8 \text{ KN.m} \quad N_{ser} = -30 \text{ KN}$$

$$e_{AS} = 1.48 \text{ m} \quad M_{sera} = 44.4 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = 0.0423 < \mu_{l ser} \Rightarrow A_{sc' ser} = 0$$

$$A_{ser} = \frac{M_{sera}}{Z_b \cdot \sigma_{s ser}} = 9.62 \text{ cm}^2$$

**b- Choix de ferrillage**

1<sup>ere</sup> section dangereuse

$$A_{sc(1)} = \text{Max}[A_{sc(1)}, A_{sc' ser(1)}] = A_{sc(1) ser} = 10.6 \text{ cm}^2 \quad (\text{armatures intérieures})$$



$$A_{S(1)} = \text{Max}[A_{Su(1)}, A_{S_{ser(1)}}] = A_{S_{ser(1)}} = 57.41 \text{ cm}^2 \quad (\text{armatures extérieures})$$

2<sup>ème</sup> section dangereuse

$$A_{S(2)} = \text{Max}[A_{S_{ser(2)}}, A_{Su(2)}] = A_{S_{ser(2)}} = 9.62 \text{ cm}^2 \quad (\text{armatures intérieures})$$

Ferrailage du voile

- armatures intérieures  $A_{ext} = A_{S_{C1}} + A_{S_2} = 20.22 \text{ cm}^2 \rightarrow 7\text{HA}20/\text{ml}$
- armatures extérieures  $A_{int} = A_{S_1} = 57.41 \text{ cm}^2 \rightarrow 12\text{HA}25/\text{ml}$

Vérification au cisaillement

La contrainte de cisaillement maximale au niveau de la section du voile est donnée par le SAP90 au joint (968) :

$$\tau = 640 \text{ KN/m}^2 = 0.640 \text{ MPa} < \bar{\tau}_b = 2 \text{ MPa}$$

$$S_t \leq \min\{40\text{cm}, 0.9d\} = 24.3 \text{ cm}$$

$$S_t = 20 \text{ cm}$$

la justification vis à vis de l'ELU s'exprime par la relation :

$$\frac{A_{St}}{b \times S_t} \geq \frac{\tau_u - 0.3f_y \times K}{0.9f_c} \quad K = 0 \text{ (fissuration très préjudiciable)}$$

$$A_{St} \geq \frac{b \times S_t \times \tau_u}{0.9f_{St}} = \frac{1 \times 0.2 \times 0.64}{0.9 \times 348} = 4.868 \text{ cm}^2 \rightarrow 7 \phi 10$$

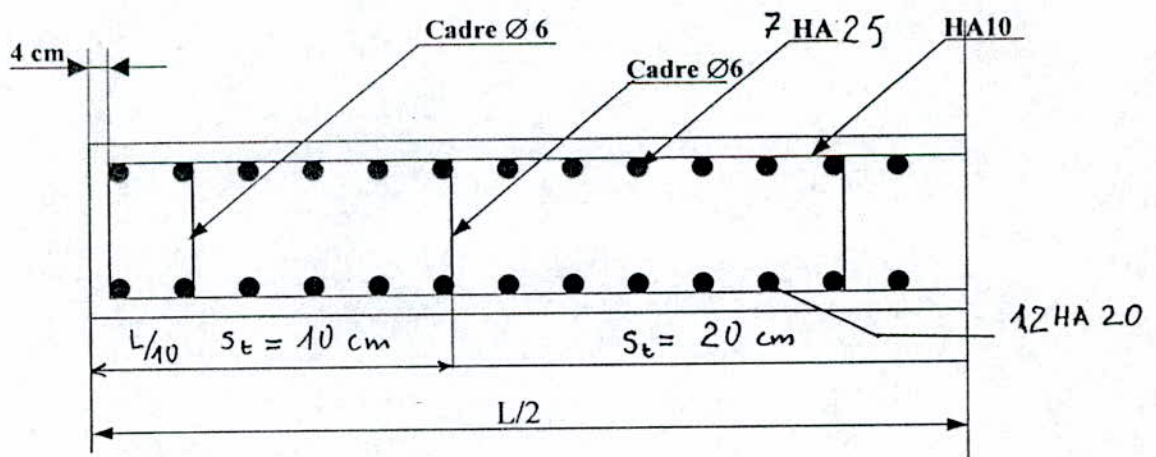


Figure VIII-9 : Ferrailage des voiles V1, V3

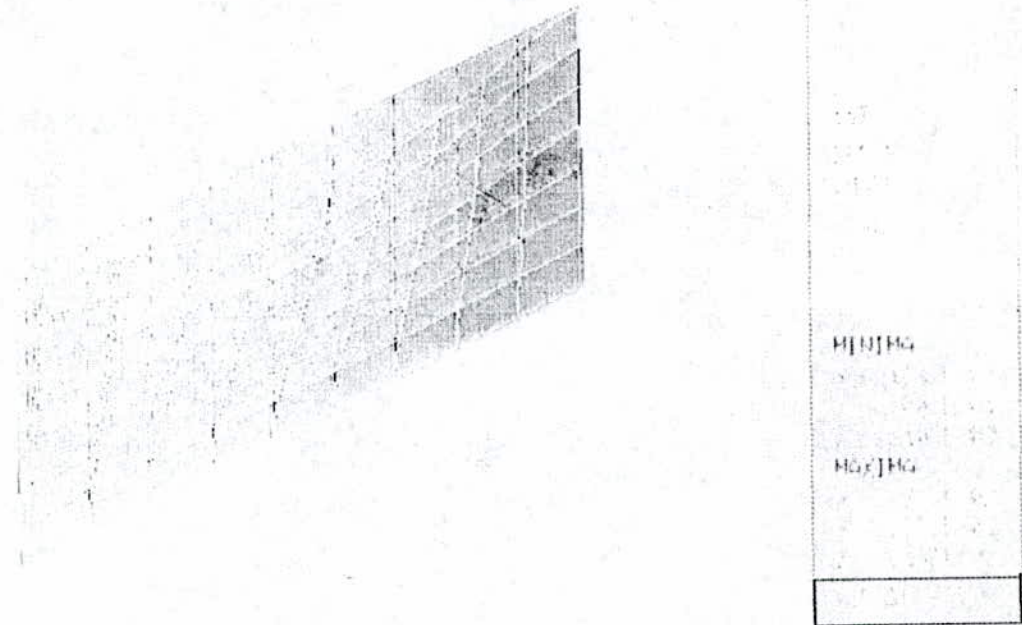


Figure VIII-10 : déformée des voiles

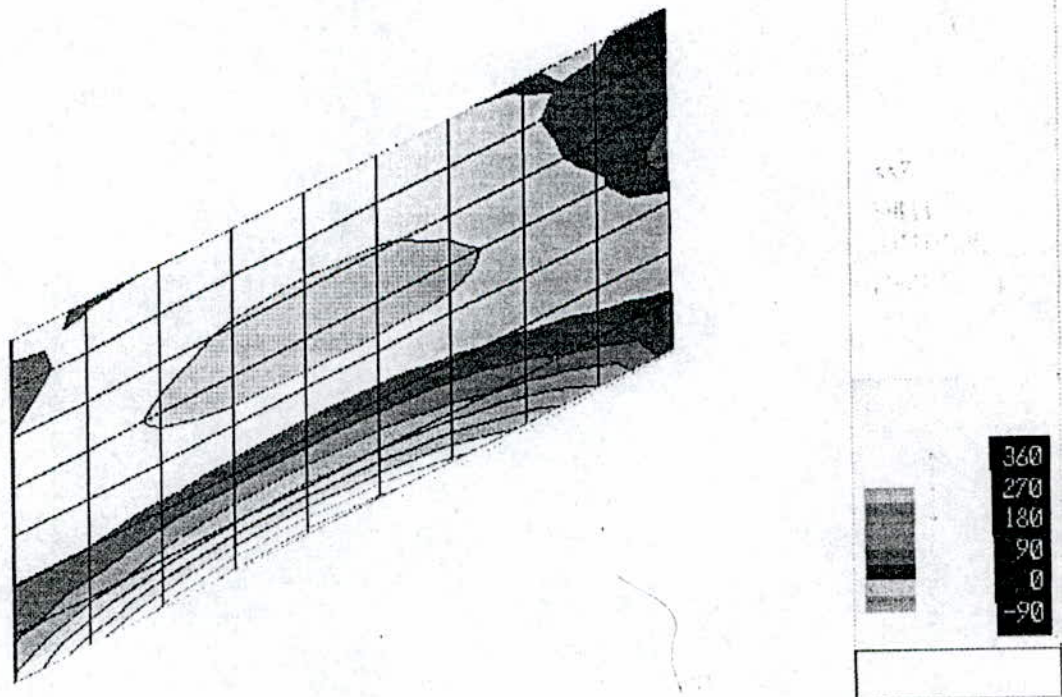


Figure VIII-11 : Diagramme des moments

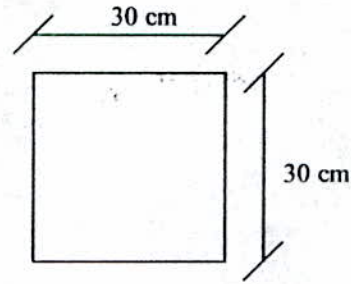


CHAPITRE IX  
DIMENSIONNEMENT DU RADIER

**VIII-3-3 CALCUL DE LA POUTRE**

La poutre est de dimension

$$d' = 3 \text{ cm}$$

**a- Calcul à l'ELU**

$$(1) \quad \begin{cases} M_{U \max} = 33.79 \text{ KN.m} & \rightarrow (\text{joint } 1331) \\ N_{UC} = 53.91 \text{ KN} & (\text{compression}) \end{cases}$$

$e_0 = M/N = 0.626 \text{ m} \Rightarrow$  section partialement comprimée  $\Rightarrow$  calcul par Assimilation à la flexion simple

$$e_{AS} = 0.746 \text{ m} \quad M_{UA} = 40.25 \text{ KN.m} \quad \mu_{zu} = 0.1096 < \mu_{lu}$$

$$\alpha = 0.145 < \alpha_l 0.259 \Rightarrow \text{pivot A}$$

$$Z_{br} = 0.254 \quad A_S = \frac{M_{UA}}{Z \cdot f_{su}} - \frac{N_U}{f_{su}} = 3 \text{ cm}^2$$

$$(2) \quad \begin{cases} M_{U \min} = -53.64 \text{ KN.m} \\ N_{UC} = 53.91 \text{ KN} & (\text{traction}) \end{cases}$$

$$e_0 = \frac{M_U}{N_U} = 0.995 \text{ m} > v = \frac{h}{2} - d' = 12 \text{ cm}$$

$\Rightarrow$  S.P.C calcul par assimilation à la F.S

$$M_{ua} = 59.8 \text{ KN.m} \quad A_S = \frac{M_{UA}}{Z_{be} \cdot f_{su}} - \frac{N_U}{f_{su}}$$

$$\text{A.N :} \quad A_S = 8.6 \text{ cm}^2$$

**b- Calcul à l'E.L.S**

$$(1) \quad \begin{cases} M_{ser \max} = 25 \text{ KN.m} \\ N_{ser} = -43.35 \text{ KN} & (\text{compression}) \end{cases}$$

$$e_0 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 0.576 \text{ m} \Rightarrow \text{S.P.C}$$

$$M_{ser a} = 30.170 \text{ KN.m} \quad M_{Iser} = 78.53 \text{ KN.m}$$



$$\mu_{ser a} = 0.0776 < \mu_{ab} = 0.203 \Rightarrow \text{pivot A}$$

$$\alpha = 0.1644 \Rightarrow Z_b = 0.255$$

$$A_{Sser} = \frac{M_{ua}}{Z_{bl} \cdot \sigma_s} - \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

**A.N :**  $A_{ser} = 4.26 \text{ cm}^2$

$$\begin{cases} M_{ser \max} = -39.49 \text{ KN.m} & \text{joint (1332)} \\ N_{ser} = 38.10 \text{ KN} & \text{(traction)} \end{cases}$$

$$e_0 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 1.036 \text{ m}$$

$$M_{ser a} = 44.04 \text{ KN.m}$$

$$A_s = \frac{M_{ser a}}{Z \cdot \sigma_s} + \frac{N_U}{\sigma_s} = 12.29 \text{ cm}^2$$

### c- Choix de ferrailage

$$A_s = \max(A_{ser}, A_{Su}) = A_{ser} ;$$

$$A_s = 12.29 \text{ cm}^2 ; \quad A_{sc} = 4.26 \text{ cm}^2$$

#### Vérification à l'effort tranchant

$$V = 66.21 \text{ KN}$$

$$V_U = 66.21 \text{ KN}$$

$$\tau_U = \frac{V_U}{b_0 d} = 0.817 < \bar{\tau}_b = \min\{0.1 f_{c28}, 3 \text{ MPa}\} = 2 \text{ MPa}$$

pour la section d'armature transversal  $A_t$  ;

$$\phi_t \leq \min\left[\frac{h}{35}, \phi_t, \frac{b}{10}\right] = 0.875 \text{ cm}$$

soit  $A_t = 2 \text{ cm}^2$  1 cadre + 1 étrier  $\phi$

$$S_t \leq \frac{0.9 f_{Su}}{b \tau_u} A_t = 25.55 \text{ cm}$$

$$S_t \leq S_{t \max} = \min[0.9d, 40 \text{ cm}] = 40 \text{ cm}$$

compte tenu des RPA

- $S_t \leq \min[h/4, 12\phi_t] = 7.5 \text{ cm} \Rightarrow S_t = 7 \text{ cm}$   
en zone nodale

- $S_t \leq h/2 = 15 \text{ cm} \Rightarrow S_t = 12 \text{ cm}$   
en zon courante

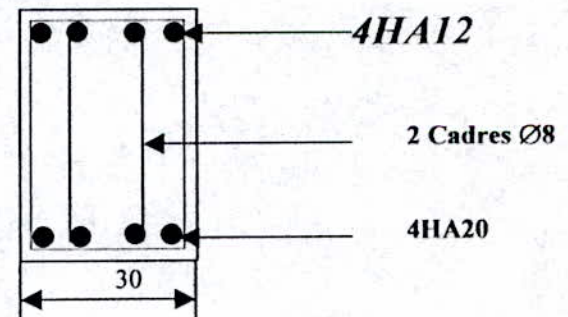


Figure VIII-12 : Ferrailage de la poutre



Figure VIII-13 : Déformée des poutres

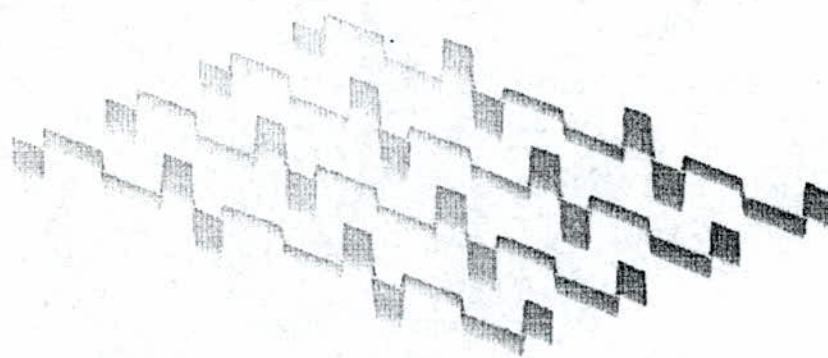


Figure VIII-13 : Diagramme des efforts tranchants.



## CHAPITRE IX CALCUL DU RADIER

Vu que les différents éléments de la structure « mélangeur rapide décanteur flocculateur » reposent sur le sol.

Nous adaptons comme type de fondation un radier général occupant toute la surface de l'ouvrage et supporte l'ensemble d'immeuble

Cette solution de Radier général est la plupart du temps une excellente solution apportée à un problème de fondation elle est susceptible de réduire au maximum les désordres ultérieurs à craindre en raison de tassement éventuels.

### IX-1 CONTRAINTE DU RADIER SUR LE SOL DE FONDATION

#### IX-1-1 Efforts exercés : [9]

il faut considérer évidemment le poids total de la structure « Mélanges rapide Flocculateur, Décanteur soit le poids :

- Des différents équipements.
- Du radier et de son béton de propreté (épaisseur de 10 cm).
- Du liquide.

#### Poids du Radier + Son béton de propreté

$$[0,3 \times (20,52 \times 15,81) + 0,1(20.62 \times 15.91)] \times 25 = 3253.32 \text{ KN}$$

#### Poids des caniveaux préfabriqués

$$(0.15 \times 3.055 \times 2.645) \times 25 = 30.30 \text{ KN}$$

$$\text{pour 45 caniveaux } 30.30 \times 45 = 1363.58 \text{ KN}$$

#### poids des poteaux

$$[(0.30 \times 1.905 + (0.3 + 0.775) \times 0.25/2 + 0.15 \times 0.775 + 0.10 \times 0.455] \times 0.30 \times 25$$

$$= 0.26 \times 25 = 6.51 \text{ KN}$$

$$\text{pour 32 poteaux } 6.51 \times 32 = 208.23$$

la dalle NIV + 2 poutre NIV + 65.00

$$[(0.15 \times 1.70 \times 15.21) + (0.15 \times 1.70 \times 2.5) + (0.25 \times 0.45 \times 15.81)] \times 25 = 157.37 \text{ KN}$$

la dalle NIV + 61.20

$$[0.30 \times 6.30 \times 15.21] \times 25 = 718.67 \text{ KN}$$

les voiles

$$\text{voil 1 } (0.30 \times 13.62 \times 4.15 + 0.20 \times 13.62 \times 2.35) \times 25 = 583.96 \text{ KN}$$

$$\text{voil 2 } [0.30 \times 1.155 + (0.30 + 0.775) \times 0.25/2 + 0.15 \times 0.775 + 0.1 \times 0.455] \times 13.32 \times 25 = 243.96 \text{ KN}$$

$$\text{voil 3 } \equiv \text{voil 1} = 583.96 \text{ KN}$$

$$\text{voil 4} = 446.39 \text{ KN}$$

$$\text{voil 4b} = 338.51 \text{ KN}$$

$$\text{voil 5} = 742.82 \text{ KN}$$

$$\text{voil 6} = 267.75 \text{ KN}$$

$$\text{voil 7} = 103.31 \text{ KN}$$

$$\text{voil 8 } \equiv \text{voil 6} = 267.75 \text{ KN}$$

$$\text{voil 9} = 635.42 \text{ KN}$$

$$\text{voil 10-11-12} = 125.13 \text{ KN}$$

voil incliné  $V_1$

$$0.30 \times 2.32 \times 13.32 \times 25 = 9.27 \times 25$$

$$\text{pour 12 voil } 231.77 \times 12 = 2781.22 \text{ KN}$$

Béton de forme

$$[(2.485 \times 2.1) \times 2.665/2 - 2.665 \times 2.485 \times 2.1 \times 1/3] \times 25 = 57.95 \text{ KN}$$

$$\text{pour 30} = 1738.5 \text{ KN}$$

les longrines

$$0.6 \times 0.5 \times 13.32 \times 6 \times 25 = 599.4 \text{ KN}$$

le gousset

$$[0.3 \times 0.50 + 0.25 \times 2.10] \times 15.51 \times 25 = 271.43 \text{ KN}$$

Action de l'eau

$$\text{mélongeur } h = 64.6 - 61.2 = 3.4 \text{ m}$$

$$1.7 \times 2.0 \times 3.4 \times 10 = 115.6 \text{ KN}$$



floculateur $h=3.25$ m	
$2 \times (7.45 \times 3.45 + 1.95 \times 6.35) \times 3.25 \times 10$	=2475.5 KN
la partie entre flocuteur des conteur	
$(0.6 \times 14.91 \times 3.25) \times 10$	=290.75KN

Décanteur

$$[(2.665 \times 2.485 \times 2.10 \times 0.33 \times 30) + (13.32 \times 15.21 - 54.54 - 2.60)] \times 10 = 2116.82 \text{ KN}$$

Escaliers( en prendre  $\frac{1}{2}$  .du poids d'escaliers

(1) 142.65 KN	
(2) 58.15	(1)+(2) =200.8 KN

Champs d'exploitation

Surcharge a la terrasse inaccessible	0.1 t/m <sup>2</sup>	
$0.1 \times 3.4 \times 15.21 = 5.17$ t		=51.7 KN
Sur la dalle 0.2 t/m <sup>2</sup>		
$0.2 \times (6.3 \times 15.21) = 19.16$ t		=191.6 KN

## APPICATION

poids du radier + son béton propreté	=3253,32 KN
Poids des caniveaux préfabriqué	=1363,58 KN
Poids des poteaux	=208,23 KN
poids de la dalle + 2 poutres NIV +65,00	=157,37 KN
Poids de la dalle NIV 61 ,20	=718,67 KN
Poids des voiles $583,96 + 243,96 + 583,96 + 446,39 + 338,51 +$ $742,83 + 267,75 + 103,31 + 267,75 + 635,42 + 125,13$	=4338,97 KN
Poids des voiles incliné	=2781,22 KN
Poids du béton de forme	=1738,5 KN
Poids du anyrine	=599,4 KN
Poids de Gosset	=271,43 KN
Action de l'eau $115,6 + 2475,5 + 290,75 + 2116,82$	=4998,67 KN
Poids des escaliers	=200,8 KN
charge d'exploitation $51,7 + 191,6$	=243,3 KN

Le Poids total est **P =20873,46 KN**

### IX-1-2 Contrainte dans le sol :

La surface du radier est

$$S = 20,52 \times 15,81 + 1,2 = 324,42 \text{ m}^2$$

$$\sigma = P/S = 0.64 \text{ bars} < \bar{\sigma}_s = 2,1 \text{ bars}$$

## IX-2 Dimensionnement du radier

Le radier fonctionne comme un plancher renversé dont les appuis effectifs sont constitués par les parois d'extrémité et les longrines

Elle est soumise à la réaction du sol diminuée du poids propre du radier et celui de l'eau [9].

La modélisation et le calcul du radier s'effectuent comme celui des dalles, à l'aide de l'élément fini de base « shell » défini dans le chapitre VII avec une épaisseur 30 cm, soumis à une charge uniformément répartie dirigée vers le haut

$$\begin{aligned} \text{Pour } b &= 1 \text{ m} & h &= 30 \text{ cm} \\ d &= 27 \text{ cm} & d' &= 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Remarque

suitant X → grande portée

suitant Y → petite portée

### Calcul des armatures :

les sections d'armatures pour différents cas

### Dimensionnement du radier

Le dimensionnement se fait par bande de 1 m de largeur

$$\text{pour } b = 1 \text{ m} \quad h = 40 \text{ cm} \quad d = 36 \text{ cm} \quad d' = 4 \text{ cm}$$

les moments max. sont résumés dans le tableau ci-dessous :

ELU		ELS	
$M_x$ [KN.m]	$M_y$ [KN.m]	$M_x$ [KN.m]	$M_y$ [KN.m]
145	242	107	179
-73.2	-146	-54.2	-108

$$M_u = 145 \text{ KN.m}$$

$$f_{bu} = 13.6 \text{ MPa}$$

$$f_{su} = 348 \text{ Mpa}$$

$$\mu_{bu} = 0.82 < \mu_{bu} = 0.3$$

$$\alpha = 0.1 < \alpha_l \Rightarrow \text{pivot A}$$

$$Z_b = 0.344$$

$$A_s = 12.11 \text{ cm}^2$$

$$M_u = -73.2 \text{ KN.m (sens inverse)}$$

$$\mu_{bu} = 0.0415 < \mu_l$$

$$\alpha = 0.053 < \alpha_l \Rightarrow \text{pivot A}$$

$$Z = 0.352 \text{ m}$$

$$A_s = 5.97 \text{ cm}^2 \text{ (Arrot inférieur)}$$



sivant Y

$$M_u = 242 \text{ KN.m (sens inverse)}$$

$$\mu_{bu} = 0.137 < \mu_l$$

$$\alpha = 0.18 < \alpha_l \Rightarrow \text{pivot A}$$

$$Z = 0.3332 \text{ m}$$

$$A_s = 20.88 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

$$M_u = -146 \text{ KN.m (sens inverse)}$$

$$\mu_{bu} = 0.082 < \mu_l$$

$$\alpha = 0.1 < \alpha_l \Rightarrow \text{pivot A}$$

$$Z = 0.344 \text{ m}$$

$$A_s = 12.20 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Calcul a l'ELS

$$E_s = 176 \text{ MPa},$$

$$E_b = 14.4 \text{ MPa},$$

$$\mu_{ab} = 0.202$$

sivant x

$$M_{ser} = 107 \text{ KN.m (sens inverse)}$$

$$\mu_b = 0.0573 < \mu_{l,ser} = 0.202$$

$$\alpha = 0.11 < \alpha_{ab}$$

$$Z = 0.345 \text{ m}$$

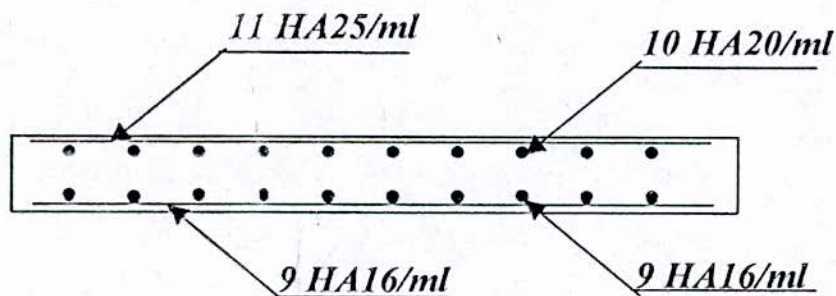
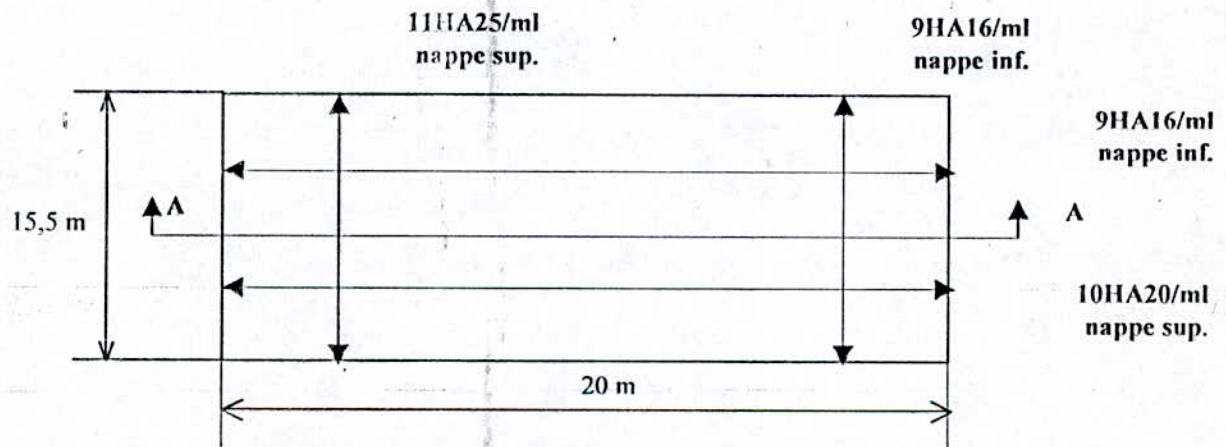
$$A_s = 17.12 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

$$M_{ser} = -54.2 \text{ KN.m (sens inverse)}$$

$$\mu_b = 0.029 < \mu_{l,ser}$$

$$\alpha = 0.06 < \alpha \Rightarrow Z_b = 0.382 \text{ m}$$

$$A_s = 8.06 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$



Coupe A-A

Figure IX-1 : Ferrailage du radier

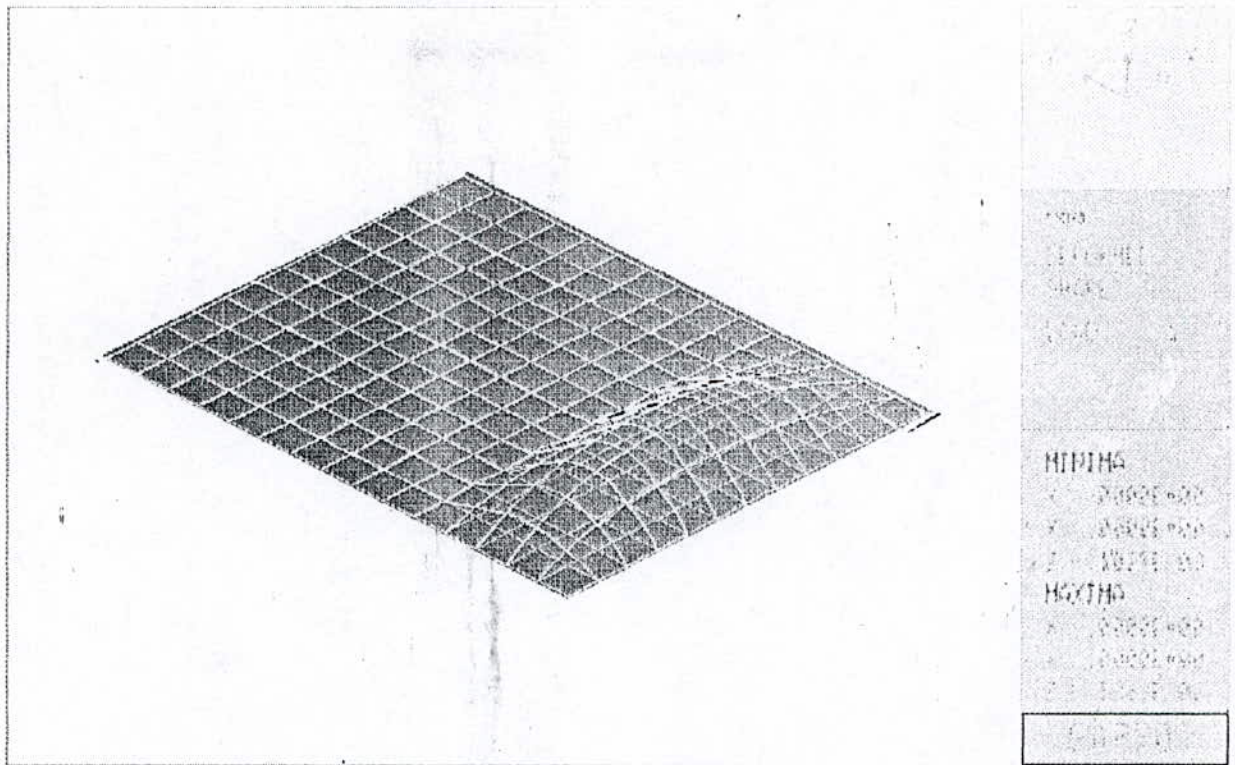


Figure IX-1 De formeé du radier -

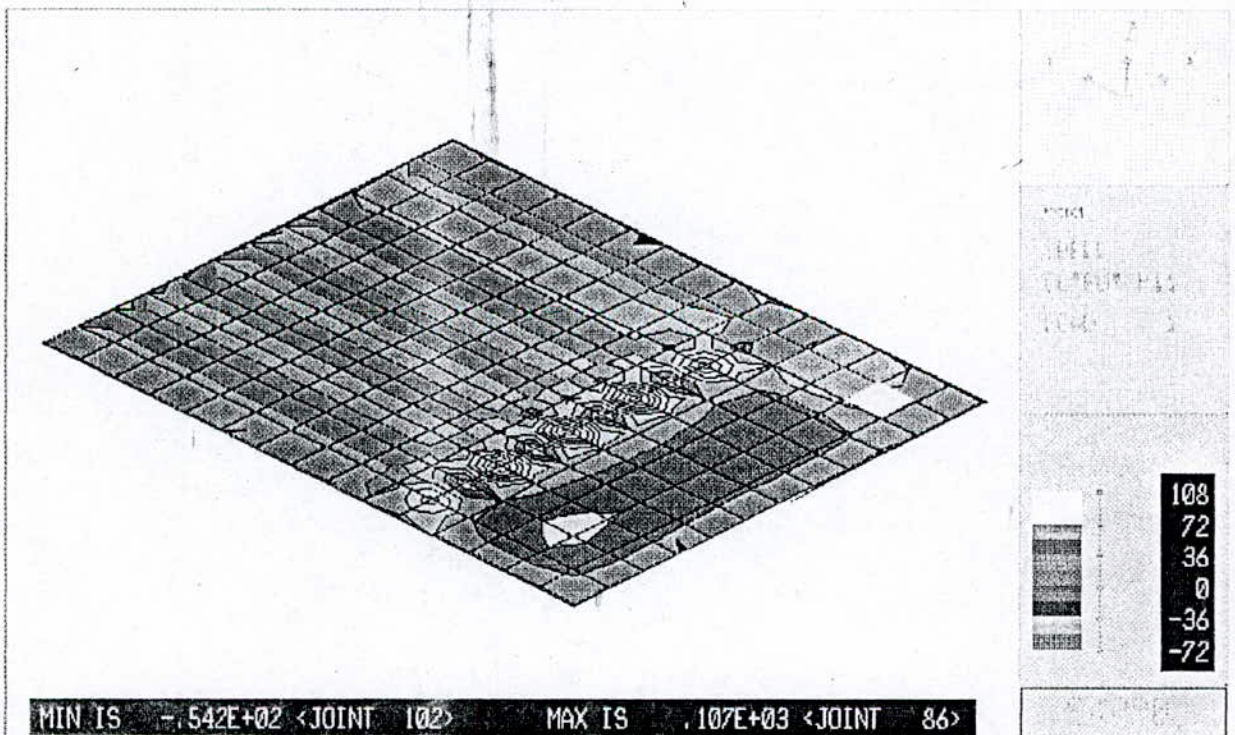


Figure IX-2 diagramme des moments



# CONCLUSION GENERALE

*« L'homme qui ne sait rien et qui s'en rend compte c'est l'ignorant  
celui qui ne s'en rend pas compte c'est le sot. »*

*IBN AHMED*

---

*Conclusion*

---

L'intérêt des stations de traitement n'est plus à démontrer, vu l'insuffisance des ressources souterraines traditionnelles.

Notre étude est consacrée au dimensionnement de la partie «Floculateur – Décanteur-Mélangeur rapide » de la station de traitement. De manière à pouvoir résister ; avec une sécurité appropriée à toutes les sollicitations et les déformations prévues, pendant la période d'utilisation et à pouvoir présenter une durabilité satisfaisante pendant toute la durée de vie prévue.

La complexité du sujet et la difficulté des problèmes rencontrés en cours de l'étude nous ont poussés à aller demander l'information à un nombre important de bureaux d'études sur la place d'Alger, ce qui nous a permis de prendre conscience de la vie de l'entreprise.

Cette étude nous a permis aussi de maîtriser l'outil informatique en l'occurrence l'utilisation du SAP90 qui reste indispensable pour tout ingénieur en génie civil.

Nous espérons que d'autres étudiants amélioreront notre travail pour que l'état ne soit plus obligé de faire appel à des bureaux d'étude étrangers pour de tels projets qui coûtent très cher.



# BIBLIOGRAPHIE

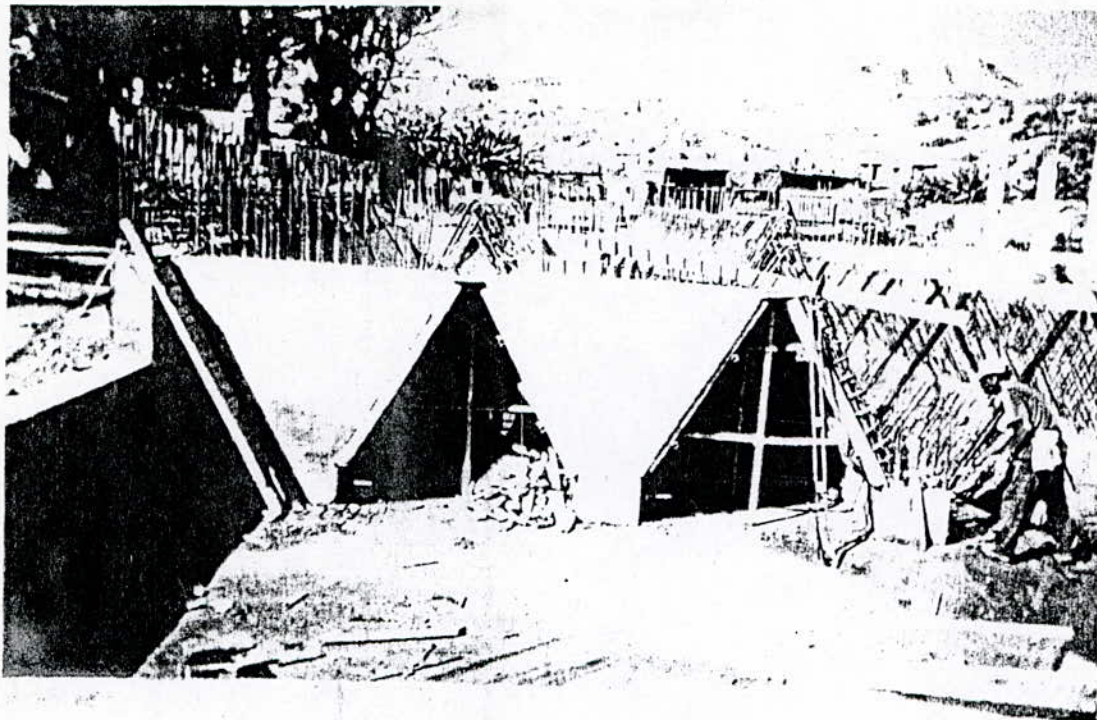
## BIBLIOGRAPHIE

- [1] A.KETTAB, « *Traitement des eaux* »  
Editions O. P. U 1992
- [2] R.BOUTEMEUR ; notes de cours, « *Béton Armé et Béton Précontraint* »  
E.N.P 1997
- [3] P.CHARON, « *Calcul des Ouvrages en Béton Armé suivant les Règles BAEL 83* »  
Éditions Eyrolles 1983
- [4] DTR B.C 2.48, « *Règles Parasismiques Algérienne – RPA 88* »  
Ministère de l'Équipement 1988
- [5] S.PRAKASH, « *Soil Dynamics* »  
Editions MCGraw-Hill Book company 1981
- [6] V.DAVIDOVIC, « *Annales N°407; Calcul Pratique de Réservoir en Zone Sismique* »  
LTBTP Septembre 1982
- [7] DIRASSAT SARI, « *Guide Pratique du SAP 90* »  
Alger 1992
- [8] E.WILSON, A.HABIBULLAH, « *SAP 90 Users Manual* »  
Computers & structura INC 1990
- [9] A.GUERRIN, « *Traité de Béton Armé* », Tome IV & VI  
Edition Dunod 1972
- [10] M.BELAZOUGHII, « *Le Béton Armé aux Etats Limites* »  
Editions O.P. U 1989



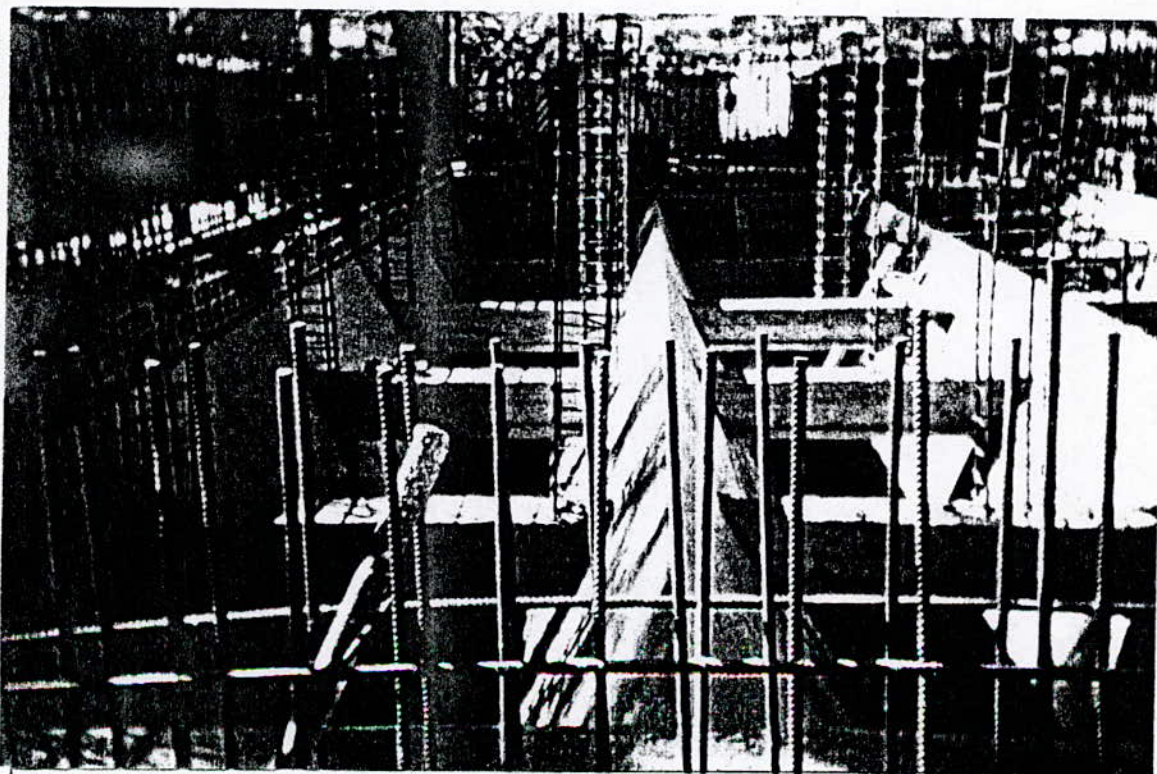


# ANNEXES



Décanteur

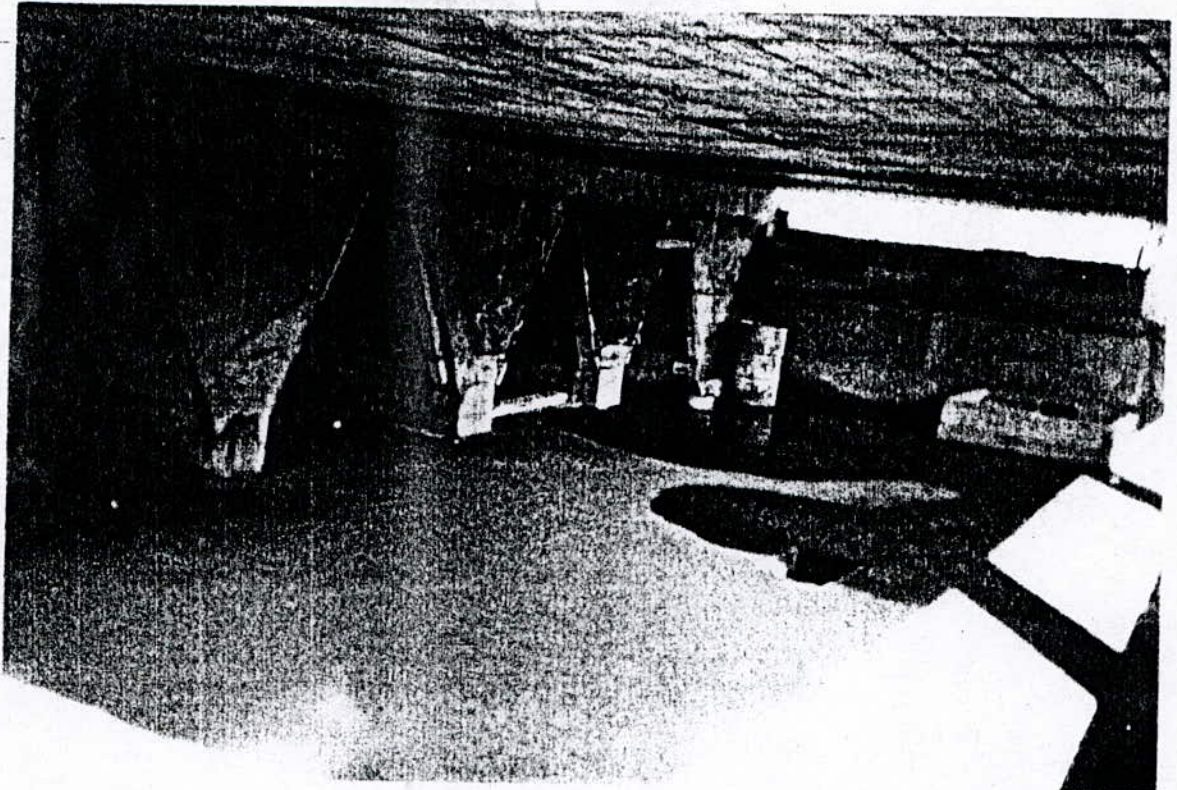
*Sidi Ammar 9/10/2000*



Décanteur - Flocculateur

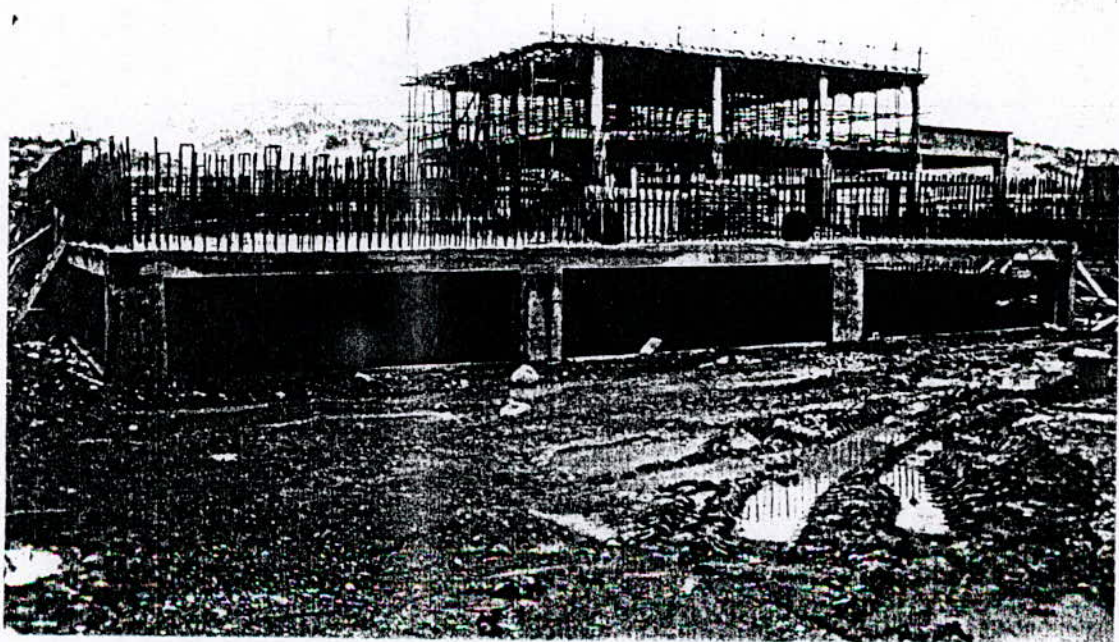
*Sidi Ammar 08/02/2000*





Décanteur-Floculateur (vue sous la dalle )

*Sidi Ammar 8/02/2000*



Station de traitement

*Sidi Ammar 15/03/2000*



etude de station de traitement des eaux (ELS)103

system

=1336 l=3

joints

1	x=0	y=0	z=0	
5	x=0	y=15.4	z=0	
1	x=0	y=0	z=1.2	
45	x=0	y=15.4	z=1.2	q=1,15,31,45,1,15
6	x=0	y=0	z=2.4	
0	x=0	y=15.4	z=2.4	
106	x=0	y=0	z=6.4	
120	x=0	y=15.4	z=6.4	q=46,60,106,120,1,15
21	x=0.6	y=0	z=2.4	
35	x=0.6	y=15.4	z=2.4	
151	x=2.1	y=0	z=2.4	
65	x=2.1	y=15.4	z=2.4	q=121,135,151,165,1,15
66	x=3	y=0	z=2.4	
180	x=3	y=15.4	z=2.4	
26	x=6.6	y=0	z=2.4	
40	x=6.6	y=15.4	z=2.4	q=166,180,226,240,1,15
41	x=0.6	y=15.4	z=0	
246	x=6.6	y=15.4	z=0	
53	x=0.6	y=15.4	z=1.2	
58	x=6.6	y=15.4	z=1.2	q=241,246,253,258,1,6
259	x=0.6	y=15.4	z=3.4	
60	x=1.35	y=15.4	z=3.4	
65	x=0.6	y=15.4	z=6.4	
266	x=1.35	y=15.4	z=6.4	q=259,260,265,266,1,2
67	x=2.1	y=15.4	z=3.4	
72	x=6.6	y=15.4	z=3.4	
85	x=2.1	y=15.4	z=6.4	
290	x=6.6	y=15.4	z=6.4	q=267,272,285,290,1,6
91	x=0.6	y=8.8	z=3.4	
93	x=2.1	y=8.8	z=3.4	
300	x=0.6	y=8.8	z=6.4	
02	x=2.1	y=8.8	z=6.4	q=291,293,300,302,1,3
03	x=0.6	y=6.6	z=3.4	
05	x=2.1	y=6.6	z=3.4	
12	x=0.6	y=6.6	z=6.4	
14	x=2.1	y=6.6	z=6.4	q=303,305,312,314,1,3
15	x=2.1	y=7.7	z=3.4	
316	x=2.1	y=7.7	z=4.4	
17	x=2.1	y=7.7	z=5.4	
18	x=0.6	y=0	z=0	
323	x=6.6	y=0	z=0	
30	x=0.6	y=0	z=1.2	
35	x=6.6	y=0	z=1.2	q=318,323,330,335,1,6
36	x=0.6	y=0	z=3.4	
337	x=1.35	y=0	z=3.4	
42	x=0.6	y=0	z=6.4	
43	x=1.35	y=0	z=6.4	q=336,337,342,343,1,2
344	x=2.1	y=0	z=3.4	
49	x=6.6	y=0	z=3.4	
62	x=2.1	y=0	z=6.4	
367	x=6.6	y=0	z=6.4	q=344,349,362,367,1,6
368	x=5.7	y=1.1	z=3.4	
80	x=5.7	y=14.3	z=3.4	
94	x=5.7	y=1.1	z=5.4	



06 x=5.7 y=14.3 z=5.4 q=368,380,394,406,1,13  
 07 x=6.6 y=1.1 z=3.4  
 19 x=6.6 y=14.3 z=3.4  
 446 x=6.6 y=1.1 z=6.4  
 58 x=6.6 y=14.3 z=6.4 q=407,419,446,458,1,13  
 59 x=2.1 y=7.7 z=6.4  
 460 x=5.7 y=7.7 z=6.4  
 61 x=3 y=7.7 z=3.4  
 63 x=4.8 y=7.7 z=3.4  
 470 x=3 y=7.7 z=6.4  
 72 x=4.8 y=7.7 z=6.4 q=461,463,470,472,1,3  
 73 x=7.94 y=15.4 z=6.4  
 82 x=20 y=15.4 z=6.4  
 543 x=7.94 y=15.4 z=0  
 52 x=20 y=15.4 z=0 q=473,482,543,552,1,10  
 53 x=7.94 y=15.4 z=2.4  
 562 x=20 y=15.4 z=2.4  
 83 x=7.94 y=14.116666667 z=0  
 92 x=20 y=14.116666667 z=0 q=553,562,583,592,1,10  
 593 x=7.94 y=13.688888889 z=0.8  
 02 x=20 y=13.688888889 z=0.8  
 13 x=7.94 y=12.833333334 z=2.4  
 22 x=20 y=12.833333334 z=2.4 q=593,602,613,622,1,10  
 623 x=7.94 y=12.405555557 z=1.6  
 32 x=20 y=12.405555557 z=1.6  
 43 x=7.94 y=11.55 z=0  
 652 x=20 y=11.55 z=0 q=623,632,643,652,1,10  
 53 x=7.94 y=10.2666666 z=2.4  
 62 x=20 y=10.2666666 z=2.4  
 673 x=7.94 y=11.1222 z=0.8  
 82 x=20 y=11.1222 z=0.8 q=653,662,673,682,1,10  
 83 x=7.94 y=9.83888 z=1.6  
 92 x=20 y=9.83888 z=1.6  
 703 x=7.94 y=8.98333 z=0  
 12 x=20 y=8.98333 z=0 q=683,692,703,712,1,10  
 13 x=7.94 y=7.7 z=2.4  
 722 x=20 y=7.7 z=2.4  
 33 x=7.94 y=8.55555 z=0.8  
 42 x=20 y=8.55555 z=0.8 q=713,722,733,742,1,10  
 43 x=7.94 y=7.27222 z=1.6  
 752 x=20 y=7.27222 z=1.6  
 63 x=7.94 y=6.41666 z=0  
 72 x=20 y=6.41666 z=0 q=743,752,763,772,1,10  
 773 x=7.94 y=5.13333 z=2.4  
 82 x=20 y=5.13333 z=2.4  
 93 x=7.74 y=5.98888 z=0.8  
 802 x=20 y=5.98888 z=0.8 q=773,782,793,802,1,10  
 903 x=7.94 y=4.7055 z=1.6  
 12 x=20 y=4.7055 z=1.6  
 323 x=7.94 y=3.8499 z=0  
 832 x=20 y=3.8499 z=0 q=803,812,823,832,1,10  
 333 x=7.94 y=2.5666 z=2.4  
 342 x=20 y=2.5666 z=2.4  
 853 x=7.94 y=3.4222 z=0.8  
 362 x=20 y=3.4222 z=0.8 q=833,842,853,862,1,10  
 363 x=7.94 y=2.1388 z=1.6  
 872 x=20 y=2.1388 z=1.6  
 983 x=7.94 y=1.2833 z=0  
 392 x=20 y=1.2833 z=0 q=863,872,883,892,1,10  
 393 x=7.94 y=0 z=2.4

902 x=20 y=0 z=2.4  
 913 x=7.94 y=0.8555 z=0.8  
 922 x=20 y=0.8555 z=0.8 q=893,902,913,922,1,10  
 923 x=6.6 y=14.9722 z=1.6  
 924 x=6.6 y=14.5444 z=0.8  
 925 x=6.6 y=14.1166 z=0  
 926 x=6.6 y=13.6888 z=0.8  
 927 x=6.6 y=13.2611 z=1.6  
 928 x=6.6 y=12.8333 z=2.4  
 929 x=6.6 y=12.4055 z=1.6  
 930 x=6.6 y=11.9777 z=0.8  
 931 x=6.6 y=11.5499 z=0  
 932 x=6.6 y=11.1222 z=0.8  
 933 x=6.6 y=10.6944 z=1.6  
 934 x=6.6 y=10.2666 z=2.4  
 935 x=6.6 y=9.8388 z=1.6  
 936 x=6.6 y=9.4111 z=0.8  
 937 x=6.6 y=8.9833 z=0  
 938 x=6.6 y=8.5555 z=0.8  
 939 x=6.6 y=8.1277 z=1.6  
 940 x=6.6 y=7.6999 z=2.4  
 941 x=6.6 y=7.2722 z=1.6  
 942 x=6.6 y=6.8444 z=0.8  
 943 x=6.6 y=6.4166 z=0  
 944 x=6.6 y=5.9888 z=0.8  
 945 x=6.6 y=5.5611 z=1.6  
 946 x=6.6 y=5.1333 z=2.4  
 947 x=6.6 y=4.7055 z=1.6  
 948 x=6.6 y=4.2777 z=0.8  
 949 x=6.6 y=3.8499 z=0  
 950 x=6.6 y=3.4222 z=0.8  
 951 x=6.6 y=2.9944 z=1.6  
 952 x=6.6 y=2.5666 z=2.4  
 953 x=6.6 y=2.1388 z=1.6  
 954 x=6.6 y=1.7111 z=0.8  
 955 x=6.6 y=1.2833 z=0  
 956 x=6.6 y=0.8555 z=0.8  
 957 x=6.6 y=0.4277 z=1.6  
 958 X=7.94 Y=0 Z=0  
 967 X=20 Y=0 Z=0  
 1028 X=7.94 Y=0 Z=6.4  
 1037 X=20 Y=0 Z=6.4 q=958,967,1028,1037,1,10  
 1038 x=20 y=0.9 z=6.4  
 1055 x=20 y=14.5 z=6.4  
 1056 x=20 y=0.9 z=5.4857  
 1073 x=20 y=14.5 z=5.4857 q=1038,1055,1056,1073,1,18  
 1074 x=20 y=0.9 z=4.5714285  
 1082 x=20 y=7.3 z=4.5714285  
 1083 x=20 y=0.9 z=3.657  
 1091 x=20 y=7.3 z=3.657 q=1074,1082,1083,1091,1,9  
 1092 x=20 y=7.7 z=4.5714285  
 1093 x=20 y=7.7 z=3.657  
 1094 x=20 y=8.1 z=4.5714285  
 1102 x=20 y=14.5 z=4.5714285  
 1103 x=20 y=8.1 z=3.657  
 1111 x=20 y=14.5 z=3.657 q=1094,1102,1103,1111,1,9  
 1112 x=20 y=0.9 z=2.4  
 1113 x=20 y=1.7 z=2.4  
 1114 x=20 y=3.3 z=2.4  
 1115 x=20 y=4.1 z=2.4



116 x=20 y=5.7 z=2.4  
 117 x=20 y=6.5 z=2.4  
 118 x=20 y=8.9 z=2.4  
 119 x=20 y=9.7 z=2.4  
 120 x=20 y=11.3 z=2.4  
 121 x=20 y=12.1 z=2.4  
 122 x=20 y=13.7 z=2.4  
 123 x=20 y=14.5 z=2.4  
 124 x=7.94 y=7.7 z=3.657  
 1132 x=18.66 y=7.7 z=3.657  
 1133 x=7.94 y=7.7 z=4.5714285  
 141 x=18.66 y=7.7 z=4.571485 q=1124,1132,1133,1141,1,9  
 142 x=20.9 y=0 z=4.5714285  
 1161 x=20.9 y=15.4 z=4.5714285  
 182 x=20.9 y=0 z=6.4  
 201 x=20.9 y=15.4 z=6.4 q=1142,1161,1182,1201,1,20  
 1202 x=9.28 y=0.8555 z=2.4  
 203 x=9.28 y=4.2776 z=2.4  
 204 x=9.28 y=5.9887 z=2.4  
 1205 x=9.28 y=9.4108 z=2.4  
 206 x=9.28 y=11.1219 z=2.4  
 207 x=9.28 y=14.544 z=2.4  
 208 x=11.96 y=0.8555 z=2.4  
 1209 x=11.96 y=4.2776 z=2.4  
 210 x=11.96 y=5.9887 z=2.4  
 211 x=11.96 y=9.4108 z=2.4  
 1212 x=11.96 y=11.1219 z=2.4  
 213 x=11.96 y=14.544 z=2.4  
 214 x=14.64 y=0.8555 z=2.4  
 1215 x=14.64 y=4.2776 z=2.4  
 1216 x=14.64 y=5.9887 z=2.4  
 217 x=14.64 y=9.4108 z=2.4  
 218 x=14.64 y=11.1219 z=2.4  
 1219 x=14.64 y=14.544 z=2.4  
 220 x=17.32 y=0.8555 z=2.4  
 221 x=17.32 y=4.2776 z=2.4  
 1222 x=17.32 y=5.9887 z=2.4  
 223 x=17.32 y=9.4108 z=2.4  
 224 x=17.32 y=11.1219 z=2.4  
 225 x=17.32 y=14.544 z=2.4  
 226 x=9.28 y=9.4108 z=3.4  
 227 x=9.28 y=11.1219 z=3.4  
 228 x=9.28 y=14.544 z=3.4  
 1229 x=11.96 y=0.856 z=3.4  
 230 x=11.96 y=4.278 z=3.4  
 231 x=11.96 y=5.989 z=3.4  
 1232 x=11.96 y=9.411 z=3.4  
 233 x=11.96 y=11.122 z=3.4  
 234 x=11.96 y=14.544 z=3.4  
 235 x=14.64 y=0.856 z=3.4  
 1236 x=14.64 y=4.278 z=3.4  
 237 x=14.64 y=5.989 z=3.4  
 238 x=14.64 y=9.411 z=3.4  
 1239 x=14.64 y=11.122 z=3.4  
 240 x=14.64 y=14.544 z=3.4  
 241 x=17.32 y=0.856 z=3.4  
 1242 x=17.32 y=4.278 z=3.4  
 243 x=17.32 y=5.989 z=3.4  
 244 x=17.32 y=9.4108 z=3.4  
 245 x=17.32 y=11.122 z=3.4

^246 x=17.32 y=14.544 z=3.4  
 247 x=9.28 y=12.833 z=3.4  
 ^248 x=11.96 y=12.833 z=3.4  
 1249 x=14.64 y=12.833 z=3.4  
 250 x=17.32 y=12.833 z=3.4  
 251 x=9.28 y=7.7 z=3.4  
 1252 x=11.96 y=7.7 z=3.4  
 253 x=14.64 y=7.7 z=3.4  
 254 x=17.32 y=7.7 z=3.4  
 ^255 x=9.28 y=2.567 z=3.4  
 ^256 x=11.96 y=2.567 z=3.4  
 257 x=14.64 y=2.567 z=3.4  
 ^258 x=17.32 y=2.567 z=3.4  
 1259 x=9.28 y=0.856 z=3.4  
 260 x=9.28 y=4.278 z=3.4  
 261 x=9.28 y=5.989 z=3.4  
 1262 x=9.28 y=9.4108 z=4.7  
 ^263 x=9.28 y=11.1219 z=4.7  
 264 x=9.28 y=14.544 z=4.7  
 ^265 x=11.96 y=0.856 z=4.7  
 ^266 x=11.96 y=4.278 z=4.7  
 267 x=11.96 y=5.989 z=4.7  
 ^268 x=11.96 y=9.411 z=4.7  
 1269 x=11.96 y=11.122 z=4.7  
 270 x=11.96 y=14.544 z=4.7  
 271 x=14.64 y=0.856 z=4.7  
 1272 x=14.64 y=4.278 z=4.7  
 ^273 x=14.64 y=5.989 z=4.7  
 274 x=14.64 y=9.411 z=4.7  
 ^275 x=14.64 y=11.122 z=4.7  
 ^276 x=14.64 y=14.544 z=4.7  
 277 x=17.32 y=0.856 z=4.7  
 278 x=17.32 y=4.278 z=4.7  
 1279 x=17.32 y=5.989 z=4.7  
 280 x=17.32 y=9.4108 z=4.7  
 281 x=17.32 y=11.122 z=4.7  
 1282 x=17.32 y=14.544 z=4.7  
 ^283 x=9.28 y=12.833 z=4.7  
 284 x=11.96 y=12.833 z=4.7  
 ^285 x=14.64 y=12.833 z=4.7  
 1286 x=17.32 y=12.833 z=4.7  
 287 x=9.28 y=2.567 z=4.7  
 288 x=11.96 y=2.567 z=4.7  
 1289 x=14.64 y=2.567 z=4.7  
 290 x=17.32 y=2.567 z=4.7  
 291 x=9.28 y=0.856 z=4.7  
 1292 x=9.28 y=4.278 z=4.7  
 ^293 x=9.28 y=5.989 z=4.7

restraints

1,15,1 r=1,1,1,1,1,1  
 18,323,1 r=1,1,1,1,1,1  
 58,967,1 r=1,1,1,1,1,1  
 241,246,1 r=1,1,1,1,1,1  
 ^43,552,1 r=1,1,1,1,1,1  
 ^25 r=1,1,1,1,1,1  
 583,592,1 r=1,1,1,1,1,1  
 931 r=1,1,1,1,1,1  
 ^43,652,1 r=1,1,1,1,1,1  
 ^37 r=1,1,1,1,1,1



```

703,712,1   r=1,1,1,1,1,1
 43         r=1,1,1,1,1,1
,63,772,1   r=1,1,1,1,1,1
949         r=1,1,1,1,1,1
 23,832,1   r=1,1,1,1,1,1
 55         r=1,1,1,1,1,1
883,892,1   r=1,1,1,1,1,1
hell
m=1 z=-1 p=1
± e=3.1729e7 u=0 w=25 m=2.5
1 jq=1,2,16,17   etype=0 m=1 th=0.3 g=14,2
 9 jq=46,47,61,62 etype=0 m=1 th=0.3 g=14,4
 5 jq=31,32,46,47 etype=0 m=1 th=0.3
86 jq=35,36,50,51 etype=0 m=1 th=0.3
 7 jq=40,41,55,56 etype=0 m=1 th=0.3
 8 jq=44,45,59,60 etype=0 m=1 th=0.3
89 jq=46,121,47,122 etype=0 m=1 th=0.3 g=1,14
03 jq=121,136,122,137 etype=0 m=1 th=0.3 g=2,14
 31 jq=151,166,152,167 etype=0 m=1 th=0.3 g=1,14
±45 jq=166,181,167,182 etype=0 m=1 th=0.3 g=4,14
201 jq=241,242,247,248 etype=0 m=1 th=0.3 g=5,2
 11 jq=15,241,30,247 etype=0 m=1 th=0.3
 12 jq=30,247,45,253 etype=0 m=1 th=0.3
213 jq=45,253,60,135 etype=0 m=1 th=0.3
 14 jq=60,135,75,259 etype=0 m=1 th=0.3
 15 jq=135,150,259,260 etype=0 m=1 th=0.3
216 jq=150,165,260,267 etype=0 m=1 th=0.3
017 jq=165,180,267,268 etype=0 m=1 th=0.3
 18 jq=180,195,268,269 etype=0 m=1 th=0.3
±19 jq=195,210,269,270 etype=0 m=1 th=0.3
220 jq=210,225,270,271 etype=0 m=1 th=0.3
 21 jq=225,240,271,272 etype=0 m=1 th=0.3
 22 jq=75,259,90,261 etype=0 m=1 th=0.3
223 jq=259,260,261,262 etype=0 m=1 th=0.3 g=1,3
 26 jq=260,267,262,273 etype=0 m=1 th=0.3
 27 jq=267,268,273,274 etype=0 m=1 th=0.3 g=5,3
242 jq=90,261,105,263 etype=0 m=1 th=0.3
243 jq=262,273,264,279 etype=0 m=1 th=0.3
 44 jq=105,263,120,265 etype=0 m=1 th=0.3
245 jq=264,279,266,285 etype=0 m=1 th=0.3
246 jq=54,129,69,291 etype=0 m=1 th=0.25
 47 jq=129,144,291,292 etype=0 m=1 th=0.25
 48 jq=144,159,292,293 etype=0 m=1 th=0.25
249 jq=69,291,84,294 etype=0 m=1 th=0.25
250 jq=84,294,99,297 etype=0 m=1 th=0.25
 51 jq=99,297,114,300 etype=0 m=1 th=0.25
252 jq=291,292,294,295 etype=0 m=1 th=0.25 g=2,3
258 jq=52,127,67,303 etype=0 m=1 th=0.25
 59 jq=127,142,303,304 etype=0 m=1 th=0.25
 60 jq=142,157,304,305 etype=0 m=1 th=0.25
261 jq=67,303,82,306 etype=0 m=1 th=0.25
 62 jq=82,306,97,309 etype=0 m=1 th=0.25
 63 jq=97,309,112,312 etype=0 m=1 th=0.25
264 jq=303,304,306,307 etype=0 m=1 th=0.25 g=2,3
270 jq=157,158,305,315 etype=0 m=1 th=0.25
 71 jq=158,159,315,293 etype=0 m=1 th=0.25
272 jq=305,315,308,316 etype=0 m=1 th=0.25
273 jq=315,293,316,296 etype=0 m=1 th=0.25
 74 jq=308,316,311,317 etype=0 m=1 th=0.25
275 jq=316,296,317,299 etype=0 m=1 th=0.25

```



76	jq=318,319,324,325	etype=0	m=1	th=0.3	g=5,2
86	jq=1,318,16,324	etype=0	m=1	th=0.3	
287	jq=16,324,31,330	etype=0	m=1	th=0.3	
88	jq=31,330,46,121	etype=0	m=1	th=0.3	
89	jq=46,121,61,336	etype=0	m=1	th=0.3	
90	jq=121,136,336,337	etype=0	m=1	th=0.3	
291	jq=136,151,337,344	etype=0	m=1	th=0.3	
92	jq=151,166,344,345	etype=0	m=1	th=0.3	
93	jq=166,181,345,346	etype=0	m=1	th=0.3	
294	jq=181,196,346,347	etype=0	m=1	th=0.3	
95	jq=196,211,347,348	etype=0	m=1	th=0.3	
96	jq=211,226,348,349	etype=0	m=1	th=0.3	
297	jq=61,336,76,338	etype=0	m=1	th=0.3	
98	jq=76,338,91,340	etype=0	m=1	th=0.3	
99	jq=91,340,106,342	etype=0	m=1	th=0.3	
300	jq=336,337,338,339	etype=0	m=1	th=0.3	
301	jq=338,339,340,341	etype=0	m=1	th=0.3	
02	jq=340,341,342,343	etype=0	m=1	th=0.3	
03	jq=337,344,339,350	etype=0	m=1	th=0.3	
304	jq=339,350,341,356	etype=0	m=1	th=0.3	
05	jq=341,356,343,362	etype=0	m=1	th=0.3	
06	jq=344,345,350,351	etype=0	m=1	th=0.3	g=5,3
321	jq=211,212,348,368	etype=0	m=1	th=0.3	
22	jq=212,213,368,369	etype=0	m=1	th=0.3	
23	jq=213,214,369,370	etype=0	m=1	th=0.3	
24	jq=214,215,370,371	etype=0	m=1	th=0.3	
325	jq=215,216,371,372	etype=0	m=1	th=0.3	
26	jq=216,217,372,373	etype=0	m=1	th=0.3	
27	jq=217,218,373,374	etype=0	m=1	th=0.3	
328	jq=218,219,374,375	etype=0	m=1	th=0.3	
29	jq=219,220,375,376	etype=0	m=1	th=0.3	
30	jq=220,221,376,377	etype=0	m=1	th=0.3	
331	jq=221,222,377,378	etype=0	m=1	th=0.3	
332	jq=222,223,378,379	etype=0	m=1	th=0.3	
33	jq=223,224,379,380	etype=0	m=1	th=0.3	
34	jq=224,225,380,271	etype=0	m=1	th=0.3	
335	jq=348,368,354,381	etype=0	m=1	th=0.3	
36	jq=368,369,381,382	etype=0	m=1	th=0.3	g=12,2
60	jq=380,271,393,277	etype=0	m=1	th=0.3	
361	jq=354,381,360,394	etype=0	m=1	th=0.3	
62	jq=393,277,406,283	etype=0	m=1	th=0.3	
63	jq=349,407,355,420	etype=0	m=1	th=0.3	
64	jq=355,420,361,433	etype=0	m=1	th=0.3	
365	jq=361,433,367,446	etype=0	m=1	th=0.3	
66	jq=419,272,432,278	etype=0	m=1	th=0.3	
67	jq=432,278,445,284	etype=0	m=1	th=0.3	
368	jq=445,284,458,290	etype=0	m=1	th=0.3	
69	jq=407,408,420,421	etype=0	m=1	th=0.3	g=12,3
05	jq=158,173,315,461	etype=0	m=1	th=0.3	
406	jq=315,461,316,464	etype=0	m=1	th=0.3	
407	jq=316,464,317,467	etype=0	m=1	th=0.3	
08	jq=317,467,459,470	etype=0	m=1	th=0.3	
09	jq=173,188,461,462	etype=0	m=1	th=0.3	
410	jq=188,203,462,463	etype=0	m=1	th=0.3	
11	jq=461,462,464,465	etype=0	m=1	th=0.3	g=2,3
17	jq=203,218,463,374	etype=0	m=1	th=0.3	
418	jq=218,233,374,413	etype=0	m=1	th=0.3	
19	jq=463,374,466,387	etype=0	m=1	th=0.3	
20	jq=374,413,387,426	etype=0	m=1	th=0.3	
421	jq=466,387,469,400	etype=0	m=1	th=0.3	



22	jq=387,426,400,439	etype=0	m=1	th=0.3	
23	jq=469,400,472,460	etype=0	m=1	th=0.3	
24	jq=400,439,460,452	etype=0	m=1	th=0.3	
425	jq=473,474,483,484	etype=0	m=1	th=0.3	g=9,7
87	jq=553,554,563,564	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,3
14	jq=593,594,603,604	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
632	jq=583,584,593,594	etype=0	m=1	th=0.2	
33	jq=584,585,594,595	etype=0	m=1	th=0.2	
34	jq=585,586,595,596	etype=0	m=1	th=0.2	
635	jq=586,587,596,597	etype=0	m=1	th=0.2	
36	jq=587,588,597,598	etype=0	m=1	th=0.2	
37	jq=588,589,598,599	etype=0	m=1	th=0.2	
38	jq=589,590,599,600	etype=0	m=1	th=0.2	
639	jq=590,591,600,601	etype=0	m=1	th=0.2	
40	jq=591,592,601,602	etype=0	m=1	th=0.2	
41	jq=623,624,633,634	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
659	jq=613,614,623,624	etype=0	m=1	th=0.2	
60	jq=614,615,624,625	etype=0	m=1	th=0.2	
61	jq=615,616,625,626	etype=0	m=1	th=0.2	
62	jq=616,617,626,627	etype=0	m=1	th=0.2	
63	jq=617,618,627,628	etype=0	m=1	th=0.2	
64	jq=618,619,628,629	etype=0	m=1	th=0.2	
65	jq=619,620,629,630	etype=0	m=1	th=0.2	
666	jq=620,621,630,631	etype=0	m=1	th=0.2	
67	jq=621,622,631,632	etype=0	m=1	th=0.2	
68	jq=653,654,663,664	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
686	jq=673,674,643,644	etype=0	m=1	th=0.2	
87	jq=674,675,644,645	etype=0	m=1	th=0.2	
88	jq=675,676,645,646	etype=0	m=1	th=0.2	
89	jq=676,677,646,647	etype=0	m=1	th=0.2	
690	jq=677,678,647,648	etype=0	m=1	th=0.2	
91	jq=678,679,648,649	etype=0	m=1	th=0.2	
92	jq=679,680,649,650	etype=0	m=1	th=0.2	
693	jq=680,681,650,651	etype=0	m=1	th=0.2	
94	jq=681,682,651,652	etype=0	m=1	th=0.2	
95	jq=683,684,693,694	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
713	jq=653,654,683,684	etype=0	m=1	th=0.2	
714	jq=654,655,684,685	etype=0	m=1	th=0.2	
15	jq=655,656,685,686	etype=0	m=1	th=0.2	
16	jq=656,657,686,687	etype=0	m=1	th=0.2	
717	jq=657,658,687,688	etype=0	m=1	th=0.2	
18	jq=658,659,688,689	etype=0	m=1	th=0.2	
19	jq=659,660,689,690	etype=0	m=1	th=0.2	
720	jq=660,661,690,691	etype=0	m=1	th=0.2	
21	jq=661,662,691,692	etype=0	m=1	th=0.2	
22	jq=713,714,723,724	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
740	jq=703,704,733,734	etype=0	m=1	th=0.2	
741	jq=704,705,734,735	etype=0	m=1	th=0.2	
42	jq=705,706,735,736	etype=0	m=1	th=0.2	
43	jq=706,707,736,737	etype=0	m=1	th=0.2	
744	jq=707,708,737,738	etype=0	m=1	th=0.2	
45	jq=708,709,738,739	etype=0	m=1	th=0.2	
46	jq=709,710,739,740	etype=0	m=1	th=0.2	
747	jq=710,711,740,741	etype=0	m=1	th=0.2	
48	jq=711,712,741,742	etype=0	m=1	th=0.2	
49	jq=743,744,753,754	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
67	jq=713,714,743,744	etype=0	m=1	th=0.2	
768	jq=714,715,744,745	etype=0	m=1	th=0.2	
69	jq=715,716,745,746	etype=0	m=1	th=0.2	
70	jq=716,717,746,747	etype=0	m=1	th=0.2	



71	jq=717,718,747,748	etype=0	m=1	th=0.2	
72	jq=718,719,748,749	etype=0	m=1	th=0.2	
73	jq=719,720,749,750	etype=0	m=1	th=0.2	
74	jq=720,721,750,751	etype=0	m=1	th=0.2	
75	jq=721,722,751,752	etype=0	m=1	th=0.2	
76	jq=773,774,783,784	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
794	jq=793,794,763,764	etype=0	m=1	th=0.2	
95	jq=794,795,764,765	etype=0	m=1	th=0.2	
96	jq=795,796,765,766	etype=0	m=1	th=0.2	
797	jq=796,797,766,767	etype=0	m=1	th=0.2	
798	jq=797,798,767,768	etype=0	m=1	th=0.2	
99	jq=798,799,768,769	etype=0	m=1	th=0.2	
800	jq=799,800,769,770	etype=0	m=1	th=0.2	
801	jq=800,801,770,771	etype=0	m=1	th=0.2	
802	jq=801,802,771,772	etype=0	m=1	th=0.2	
803	jq=803,804,813,814	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
821	jq=773,774,803,804	etype=0	m=1	th=0.2	
822	jq=774,775,804,805	etype=0	m=1	th=0.2	
823	jq=775,776,805,806	etype=0	m=1	th=0.2	
824	jq=776,777,806,807	etype=0	m=1	th=0.2	
825	jq=777,778,807,808	etype=0	m=1	th=0.2	
826	jq=778,779,808,809	etype=0	m=1	th=0.2	
827	jq=779,780,809,810	etype=0	m=1	th=0.2	
828	jq=780,781,810,811	etype=0	m=1	th=0.2	
829	jq=781,782,811,812	etype=0	m=1	th=0.2	
830	jq=833,834,843,844	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
848	jq=853,854,823,824	etype=0	m=1	th=0.2	
849	jq=854,855,824,825	etype=0	m=1	th=0.2	
850	jq=855,856,825,826	etype=0	m=1	th=0.2	
851	jq=856,857,826,827	etype=0	m=1	th=0.2	
852	jq=857,858,827,828	etype=0	m=1	th=0.2	
853	jq=858,859,828,829	etype=0	m=1	th=0.2	
854	jq=859,860,829,830	etype=0	m=1	th=0.2	
855	jq=860,861,830,831	etype=0	m=1	th=0.2	
856	jq=861,862,831,832	etype=0	m=1	th=0.2	
857	jq=863,864,873,874	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
875	jq=863,864,833,834	etype=0	m=1	th=0.2	
876	jq=864,865,834,835	etype=0	m=1	th=0.2	
877	jq=865,866,835,836	etype=0	m=1	th=0.2	
878	jq=866,867,836,837	etype=0	m=1	th=0.2	
879	jq=867,868,837,838	etype=0	m=1	th=0.2	
880	jq=868,869,838,839	etype=0	m=1	th=0.2	
881	jq=869,870,839,840	etype=0	m=1	th=0.2	
882	jq=870,871,840,841	etype=0	m=1	th=0.2	
883	jq=871,872,841,842	etype=0	m=1	th=0.2	
884	jq=893,894,903,904	etype=0	m=1	th=0.2	g=9,2
902	jq=913,914,883,884	etype=0	m=1	th=0.2	
903	jq=914,915,884,885	etype=0	m=1	th=0.2	
904	jq=915,916,885,886	etype=0	m=1	th=0.2	
905	jq=916,917,886,887	etype=0	m=1	th=0.2	
906	jq=917,918,887,888	etype=0	m=1	th=0.2	
907	jq=918,919,888,889	etype=0	m=1	th=0.2	
908	jq=919,920,889,890	etype=0	m=1	th=0.2	
909	jq=920,921,890,891	etype=0	m=1	th=0.2	
910	jq=921,922,891,892	etype=0	m=1	th=0.2	
911	jq=602,592,582	etype=0	m=1	th=0.2	
912	jq=602,582,612,572	etype=0	m=1	th=0.2	
913	jq=612,572,622,562	etype=0	m=1	th=0.2	
914	jq=682,642,652	etype=0	m=1	th=0.2	
915	jq=682,642,672,632	etype=0	m=1	th=0.2	



716	jq=672,632,662,622	etype=0	m=1	th=0.2
717	jq=712,742,702	etype=0	m=1	th=0.2
718	jq=742,702,732,692	etype=0	m=1	th=0.2
919	jq=732,692,722,662	etype=0	m=1	th=0.2
720	jq=772,802,762	etype=0	m=1	th=0.2
721	jq=802,762,792,752	etype=0	m=1	th=0.2
922	jq=792,752,782,722	etype=0	m=1	th=0.2
723	jq=832,862,822	etype=0	m=1	th=0.2
724	jq=862,822,852,812	etype=0	m=1	th=0.2
925	jq=852,812,842,782	etype=0	m=1	th=0.2
926	jq=892,922,882	etype=0	m=1	th=0.2
727	jq=922,882,912,872	etype=0	m=1	th=0.2
728	jq=912,872,902,842	etype=0	m=1	th=0.2
930	jq=290,473,284,483	etype=0	m=1	th=0.2
731	jq=284,483,278,493	etype=0	m=1	th=0.2
732	jq=278,493,272,503	etype=0	m=1	th=0.2
933	jq=272,503,240,513	etype=0	m=1	th=0.2
734	jq=240,513,258,523	etype=0	m=1	th=0.2
735	jq=258,523,533	etype=0	m=1	th=0.3
936	jq=258,533,252	etype=0	m=1	th=0.3
937	jq=252,533,246,543	etype=0	m=1	th=0.3
738	jq=553,240,563,923	etype=0	m=1	th=0.2
739	jq=563,923,573,924	etype=0	m=1	th=0.2
940	jq=573,924,583,925	etype=0	m=1	th=0.2
741	jq=583,925,593,926	etype=0	m=1	th=0.2
742	jq=593,926,603,927	etype=0	m=1	th=0.2
943	jq=603,927,613,928	etype=0	m=1	th=0.2
744	jq=613,928,623,929	etype=0	m=1	th=0.2
745	jq=623,929,633,930	etype=0	m=1	th=0.2
946	jq=633,930,643,931	etype=0	m=1	th=0.2
947	jq=643,931,673,932	etype=0	m=1	th=0.2
748	jq=673,932,663,933	etype=0	m=1	th=0.2
749	jq=663,933,653,934	etype=0	m=1	th=0.2
950	jq=653,934,683,935	etype=0	m=1	th=0.2
751	jq=683,935,693,936	etype=0	m=1	th=0.2
752	jq=693,936,703,937	etype=0	m=1	th=0.2
953	jq=703,937,733,938	etype=0	m=1	th=0.2
754	jq=733,938,723,939	etype=0	m=1	th=0.2
755	jq=723,939,713,940	etype=0	m=1	th=0.2
956	jq=713,940,743,941	etype=0	m=1	th=0.2
957	jq=743,941,753,942	etype=0	m=1	th=0.2
758	jq=753,942,763,943	etype=0	m=1	th=0.2
759	jq=763,943,793,944	etype=0	m=1	th=0.2
960	jq=793,944,783,945	etype=0	m=1	th=0.2
761	jq=783,945,773,946	etype=0	m=1	th=0.2
762	jq=773,946,803,947	etype=0	m=1	th=0.2
963	jq=803,947,813,948	etype=0	m=1	th=0.2
964	jq=813,948,823,949	etype=0	m=1	th=0.2
765	jq=823,949,853,950	etype=0	m=1	th=0.2
766	jq=853,950,843,951	etype=0	m=1	th=0.2
967	jq=843,951,833,952	etype=0	m=1	th=0.2
768	jq=833,952,863,953	etype=0	m=1	th=0.2
769	jq=863,953,873,954	etype=0	m=1	th=0.2
970	jq=873,954,883,955	etype=0	m=1	th=0.2
771	jq=883,955,913,956	etype=0	m=1	th=0.2
772	jq=913,956,903,957	etype=0	m=1	th=0.2
973	jq=903,957,893,226	etype=0	m=1	th=0.2
974	jq=924,925,926	etype=0	m=1	th=0.3
775	jq=926,924,927,923	etype=0	m=1	th=0.3
776	jq=927,923,928,240	etype=0	m=1	th=0.3



^77	jq=930,931,932	etype=0	m=1	th=0.3	
78	jq=932,930,933,929	etype=0	m=1	th=0.3	
y79	jq=933,929,934,928	etype=0	m=1	th=0.3	
q80	jq=936,937,938	etype=0	m=1	th=0.3	
81	jq=938,936,939,935	etype=0	m=1	th=0.3	
_82	jq=939,935,940,934	etype=0	m=1	th=0.3	
983	jq=942,943,944	etype=0	m=1	th=0.3	
84	jq=944,942,945,941	etype=0	m=1	th=0.3	
85	jq=945,941,946,940	etype=0	m=1	th=0.3	
986	jq=948,949,950	etype=0	m=1	th=0.3	
^87	jq=950,948,951,947	etype=0	m=1	th=0.3	
88	jq=951,947,952,946	etype=0	m=1	th=0.3	
y89	jq=954,955,956	etype=0	m=1	th=0.3	
990	jq=956,954,957,953	etype=0	m=1	th=0.3	
91	jq=957,953,226,952	etype=0	m=1	th=0.3	
_92	JQ=958,959,968,969	etype=0	m=1	th=0.3	g=9,7
1055	jq=323,958,329,968	etype=0	m=1	th=0.3	
056	jq=329,968,335,978	etype=0	m=1	th=0.3	
057	jq=335,978,226	etype=0	m=1	th=0.3	
1058	jq=226,978,988	etype=0	m=1	th=0.3	
^059	jq=226,988,349,998	etype=0	m=1	th=0.3	
060	jq=348,998,355,1008	etype=0	m=1	th=0.3	
±061	jq=355,1008,361,1018	etype=0	m=1	th=0.3	
1062	jq=361,1018,367,1028	etype=0	m=1	th=0.3	
064	jq=1038,1039,1056,1057	etype=0	m=1	th=0.3	g=17,1
081	jq=1074,1075,1083,1084	etype=0	m=1	th=0.3	g=8,1
1089	jq=1094,1095,1103,1104	etype=0	m=1	th=0.3	g=8,1
097	jq=1082,1092,1091,1093	etype=0	m=1	th=0.3	
098	jq=1092,1094,1093,1103	etype=0	m=1	th=0.3	
1099	jq=1057,1058,1075,1076	etype=0	m=1	th=0.3	
^100	jq=1059,1060,1077,1078	etype=0	m=1	th=0.3	
101	jq=1061,1062,1079,1080	etype=0	m=1	th=0.3	
±102	jq=1063,1064,1081,1082	etype=0	m=1	th=0.3	
1103	jq=1065,1066,1094,1095	etype=0	m=1	th=0.3	
104	jq=1067,1068,1096,1097	etype=0	m=1	th=0.3	
105	jq=1069,1070,1098,1099	etype=0	m=1	th=0.3	
1106	jq=1071,1072,1100,1101	etype=0	m=1	th=0.3	
^107	jq=1037,1038,1027,1056	etype=0	m=1	th=0.3	
108	jq=1027,1056,1017,1074	etype=0	m=1	th=0.3	
±109	jq=1017,1074,1007,1083	etype=0	m=1	th=0.3	
^110	jq=1055,482,1073,492	etype=0	m=1	th=0.3	
111	jq=1073,492,1102,502	etype=0	m=1	th=0.3	
_112	jq=1102,502,1111,512	etype=0	m=1	th=0.3	
1113	jq=1007,1083,902,1112	etype=0	m=1	th=0.3	
114	jq=1083,1084,1112,1113	etype=0	m=1	th=0.3	
115	jq=1084,1085,1113,842	etype=0	m=1	th=0.3	
1116	jq=1085,1086,842,1114	etype=0	m=1	th=0.3	
^117	jq=1086,1087,1114,1115	etype=0	m=1	th=0.3	
118	jq=1087,1088,1115,782	etype=0	m=1	th=0.3	
±119	jq=1088,1089,782,1116	etype=0	m=1	th=0.3	
1120	jq=1089,1090,1116,1117	etype=0	m=1	th=0.3	
121	jq=1090,1091,1117,722	etype=0	m=1	th=0.3	
122	jq=1091,722,1093	etype=0	m=1	th=0.3	
1123	jq=1093,722,1103	etype=0	m=1	th=0.3	
124	jq=1103,722,1104,1118	etype=0	m=1	th=0.3	
125	jq=1104,1105,1118,1119	etype=0	m=1	th=0.3	
1126	jq=1105,1106,1119,662	etype=0	m=1	th=0.3	
^127	jq=1106,1107,662,1120	etype=0	m=1	th=0.3	
128	jq=1107,1108,1120,1121	etype=0	m=1	th=0.3	
±129	jq=1108,1109,1121,622	etype=0	m=1	th=0.3	



```

1130 jq=1109,1110,622,1122 etype=0 m=1 th=0.3
1131 jq=1110,1111,1122,1123 etype=0 m=1 th=0.3
1132 jq=1111,1123,512,562 etype=0 m=1 th=0.3
1133 jq=1124,1125,1133,1134 etype=0 m=1 th=0.3 g=8,1
1142 jq=941,713,413,1124 etype=0 m=1 th=0.3
1143 jq=413,1124,426,1133 etype=0 m=1 th=0.3
1144 jq=713,714,1124,1125 etype=0 m=1 th=0.3
1145 jq=714,715,1125,1126 etype=0 m=1 th=0.3
1146 jq=715,716,1126,1127 etype=0 m=1 th=0.3
1147 jq=716,717,1127,1128 etype=0 m=1 th=0.3
1148 jq=717,718,1128,1129 etype=0 m=1 th=0.3
1149 jq=718,719,1129,1130 etype=0 m=1 th=0.3
1150 jq=719,720,1130,1131 etype=0 m=1 th=0.3
1151 jq=720,721,1131,1132 etype=0 m=1 th=0.3
1152 jq=721,722,1132,1093 etype=0 m=1 th=0.3
1153 jq=1132,1093,1141,1092 etype=0 m=1 th=0.3
1154 jq=1142,1143,1162,1163 etype=0 m=1 th=0.3 g=19,2
1192 jq=1017,1142,1074,1143 etype=0 m=1 th=0.3
1193 jq=1074,1143,1075,1144 etype=0 m=1 th=0.3
1194 jq=1075,1144,1076,1145 etype=0 m=1 th=0.3
1195 jq=1076,1145,1077,1146 etype=0 m=1 th=0.3
1196 jq=1077,1146,1078,1147 etype=0 m=1 th=0.3
1198 jq=1078,1147,1079,1148 etype=0 m=1 th=0.3
1199 jq=1079,1148,1080,1149 etype=0 m=1 th=0.3
1200 jq=1080,1149,1081,1150 etype=0 m=1 th=0.3
1201 jq=1081,1150,1082,1151 etype=0 m=1 th=0.3
1202 jq=1082,1151,1092 etype=0 m=1 th=0.3
1203 jq=1092,1151,1152 etype=0 m=1 th=0.3
1204 jq=1094,1092,1152 etype=0 m=1 th=0.3
1205 jq=1094,1152,1095,1153 etype=0 m=1 th=0.3
1206 jq=1095,1153,1096,1154 etype=0 m=1 th=0.3
1207 jq=1096,1154,1097,1155 etype=0 m=1 th=0.3
1208 jq=1097,1155,1098,1156 etype=0 m=1 th=0.3
1209 jq=1098,1156,1099,1157 etype=0 m=1 th=0.3
1210 jq=1099,1157,1100,1158 etype=0 m=1 th=0.3
1211 jq=1100,1158,1101,1159 etype=0 m=1 th=0.3
1212 jq=1101,1159,1102,1160 etype=0 m=1 th=0.3
1213 jq=1102,1160,502,1161 etype=0 m=1 th=0.3
1262 jq=1017,1142,1027,1162 etype=0 m=1 th=0.3
1263 jq=1027,1162,1037,1182 etype=0 m=1 th=0.3
1264 jq=413,1124,233,713 etype=0 m=1 th=0.3

```

frame

m=1 nl=1

1 b=0.30 d=0.30 e=3.1729e7 w=2.25 m=0.225

1 wg=0,0,-0.225

1214 894 1202

1215 1202 834

1216 834 1203

1217 1203 774

1218 774 1204

1219 1204 714

1220 714 1205

1221 1205 654

1222 654 1206

1223 1206 614

1224 614 1207

1225 1207 554

1226 896 1208

1227 1208 836

1228 836 1209

229 1209 776  
230 776 1210  
231 1210 716  
232 716 1211  
233 1211 656  
234 656 1212  
1235 1212 616  
236 616 1213  
237 1213 556  
1238 898 1214  
239 1214 838  
240 838 1215  
241 1215 778  
1242 778 1216  
243 1216 718  
244 718 1217  
1245 1217 658  
246 658 1218  
247 1218 618  
1248 618 1219  
249 1219 558  
250 900 1220  
251 1220 840  
1252 840 1221  
253 1221 780  
254 780 1222  
1255 1222 720  
256 720 1223  
257 1223 660  
1258 660 1224  
259 1224 620  
260 620 1225  
261 1225 560  
1265 1226 1205  
266 1227 1206  
267 1228 1207  
1268 1229 1208  
269 1230 1209  
270 1231 1210  
271 1232 1211  
272 1233 1212  
273 1234 1213  
274 1235 1214  
1275 1236 1215  
276 1237 1216  
277 1238 1217  
1278 1239 1218  
279 1240 1219  
280 1241 1220  
281 1242 1221  
1282 1243 1222  
283 1244 1223  
284 1245 1224  
1285 1246 1225  
286 1247 614  
287 1248 616  
1288 1249 618  
290 1250 620  
295 1255 834  
296 1256 836



1297 1257 838  
1298 1258 840  
1299 1259 1202  
1300 1260 1203  
1301 1261 1204  
1302 1262 1226  
1303 1263 1227  
1304 1264 1228  
1305 1265 1229  
1306 1266 1230  
1307 1267 1231  
1308 1268 1232  
1309 1269 1233  
1310 1270 1234  
1311 1271 1235  
1312 1272 1236  
1313 1273 1237  
1314 1274 1238  
1315 1275 1239  
1316 1276 1240  
1317 1277 1241  
1318 1278 1242  
1319 1279 1243  
1320 1280 1244  
1321 1281 1245  
1322 1282 1246  
1323 1283 1247  
1324 1284 1248  
1325 1285 1249  
1326 1286 1250  
1327 1287 1255  
1328 1288 1256  
1329 1289 1257  
1330 1290 1258  
1331 1291 1259  
1332 1292 1260  
1333 1293 1261

potentiel

! \*\*\* (terr-rep) \*\*\*

1,15,1 p=9.5,9.5  
16,30,1 p=3.8,3.8  
41,246,1 p=-9.5,-9.5  
47,252,1 p=-3.8,-3.8  
543,552,1 p=-9.5,-9.5  
133,542,1 p=3.8,3.8  
118,323,1 p=9.5,9.5  
324,329,1 p=3.8,3.8  
958,967,1 p=9.5,9.5  
168,977,1 p=0.814,0.814

! \*\*\* (exp-dal) \*\*\*

46,60,1 p=5,5  
21,240,1 p=5,5

! \*\*\* (eau-repl) \*\*\*

52,54,1 w=10,6.4  
27,129,1 w=10,6.4  
42,144,1 w=10,6.4  
157,159,1 w=10,6.4  
57,69,1 w=10,6.4  
12,84,1 w=10,6.4  
17,99,1 w=10,6.4

```

112,114,1 w=10,6.4
191,317,1 w=10,6.4
J *** (eau-rep2) ***
C 46,52,1 w=10,6.4
: 54,60,1 w=10,6.4
: 121,127,1 w=10,6.4
C 129,142,1 w=10,6.4
: 144,240,1 w=10,6.4
: 61,66,1 w=10,6.4
J 70,81,1 w=10,6.4
C 85,96,1 w=10,6.4
: 100,111,1 w=10,6.4
: 115,120,1 w=10,6.4
C 259,290,1 w=10,6.4
: 361,472,1 w=10,6.4
: 336,472,1 w=10,6.4
C *** (eau-rep3) ***
: 473,1261,1 w=10,6.4
loads
J *** (action-peateau) ***
1262,1293,1 l=1 f=0,0,-36.895
: *** (action terr-sei(x)) ***
: 16,30,1 l=1 f=0.82,0,0
C *** (action terr-sei(y)) ***
: 16 l=1 f=0,0.95,0
: 324,329,1 l=1 f=0,0.95,0
C 968,977,1 l=1 f=0,0.95,0
: *** (eau-sei(x) flo) ***
: 368,380,1 f=19.783,0,0
J 381,393,1 f=6.1834,0,0
C 61,66,1 f=-18.37,0,0
: 70,75,1 f=-18.37,0,0
: 305 f=-18.37,0,0
C 315 f=-18.37,0,0
: 293 f=-18.37,0,0
: 76,81,1 f=-5.359,0,0
C 85,90,1 f=-5.359,0,0
: 308 f=-5.359,0,0
: 316 f=-5.359,0,0
: 296 f=-5.359,0,0
C *** (eau-sei(y) flo) ***
: 336,337,1 f=0,-16.8,0
: 345,348,1 f=0,-16.8,0
C 338,339,1 f=0,-8.28,0
: 350,354,1 f=0,-8.28,0
C 461,463,1 f=0,14.4,0
: 374 f=0,14.4,0
: 303,305,1 f=0,14.4,0
: 306,308,1 f=0,4.176,0
: 464,466,1 f=0,4.176,0
C 387 f=0,4.176,0
: 261,262,1 f=0,8.372,0
: 273,277,1 f=0,8.372,0
C 259,260,1 f=0,16.97,0
C 267,271,1 f=0,16.97,0
: *** (eau-sei(x) dec) ***
C 1083,1091,1 f=15.473,0,0
C 1103,1111,1 f=15.473,0,0
: 193 f=15.473,0,0
: 1074,1082,1 f=15.48,0,0

```



```
- 1094,1102,1 f=15.48,0,0
  1092      f=15.48,0,0
c 407,419,1 f=-22.614,0,0
c 420,432,1 f=-23.16,0,0
  *** (eau-sei (y) dec) ***
  988,997,1 f=0,-24.12,0
c 998,1006,1 f=0,-13.22,0
  1124,1132,1 f=0,26.8,0
  1133,1141,1 f=0,13.22,0
c 503,511,1 f=0,13.1,0
~ 513,521,1 f=0,26.8,0
ombo
- c=1,1,1
```

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## ملخص:

يهدف هذا العمل إلى دراسة شاملة لمحطة تصفية مياه سد بوكردان الواقع في الجنوب الغربي لمدينة تيارزة. لقد أنجزت دراسة المشروع وفقا لقانون الخرسانة المسلحة في الحالات الحديدية BAEL83 كما تم استعمال برنامج SAP90 المبني على العناصر المنهية وهذا لتحديد القوى الداخلية في مختلف عناصر الهيكل

### Résumé :

Ce travail consiste en l'étude d'une station de traitement des eaux qui proviendrait du barrage de BOUKOURDENG au sud-ouest de TIPAZA. Le calcul des efforts internes dans les différents éléments de la construction est effectué en utilisant le logiciel de calcul des structures SAP90 basé sur la méthode des éléments finis.

### Abstract :

This work consists in the survey of a water treatment station. The count of efforts on the different parts of the construction is done while using the software of structure SAP90 count based on the method of elements finished.

This survey is achieved consistently to regulations in force given by the BAEL 83

### Mots clés :

- Station ; traitement ; floculation ; floculateur ; décantation ; décanteur mélangeur ; SAP 90 ; dimensionnement