

# وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE EL BACHIR ELIBRAHIMI-  
BBA

Faculté des Sciences et de la  
Technologie

Département de Génie Civil



جامعة البشير الابراهيمي برج  
بوعريريج

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم : الهندسة المدنية

## Mémoire de Master II

Présenté au Département de Génie Civil

Domaine : Sciences et Technologie  
Filière : Génie Civil  
Spécialité : Structure

Thème :

*Etude d'une opération de démolition et de reconstruction de  
bâtiments en adoptant le procédé de préfabrication*

Réalisé par :

Mr. BENGHANEM Larbi  
Mr. SAADI Smail

Devant le jury composé par les enseignants ;

President : Mr : ammar noui

Examineurs; Mr ; abdemeziane nabil

Mr : loumachi lazher

Encadreur; Mr; Attia abdelkader

Annee universitaire:2019/2020

***Je dédie ce travail  
A mes chers parents  
A ma chère femme***

*Qui m'a donné la vie, la source de tendresse, et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessée de m'encourager et de prier pour moi.*

*Qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour elle, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime.*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Que Dieu, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.*

***A mes chers frères et sœurs et leurs enfants.***

***A mes amis, tous mes collègues de l'enseignement et mes élèves.***

***SAADI Smail***

## *Dédicaces*

---

---

Je dédie de modeste travail de recherche à :

Ma chère mère, en signe d'amour et de gratitude.

Mon cher père qui ma soutenu tout au long de ma formation.

Mes chers frères et sœurs et leurs enfants.

Mes amis et tous mes collègues de département de Génie Civil.

***BENGHANEM Larbi***

## ***Remerciements***

---

---

Tout d'abord, louange à « *Allah* » qui nous a guidé dans le droit chemin tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes reflexes.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer tous nos reconnaissances et remerciements à *Dr. A. ATTIA*, qu'il a fait preuve d'une grande patience et a été un grand apport pour la réalisation de ce travail. Son énergie et sa confiance ont été des éléments moteurs pour nous, ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique nous ont permis de mener à terme ce projet. Nous avons pris un grand plaisir à travailler avec lui.

Nous remercions très sincèrement, les membres du jury d'avoir accepter d'être partie de la commission d'examineurs.

Nous adressons nos remerciements à toute l'équipe du département de Génie Civil :

Nos enseignants, qui nous ont données les bases de la science, *nos amis et tous les collègues de GC* pour tous les échanges techniques, scientifiques, et pour leur sympathie.

Nos dernières pensées iront vers nos familles petits et grands et surtout nos parents qui nous ont permis de poursuivre nos études jusqu'aujourd'hui.

***SAADI Smail***

***BENGHANEM Larbi***

# Sommaire

INTRODUCTION GENERALE .....	XII
<i>Chapitre 01</i> .....	<i>1</i>
PRESENTATION DU PROJET .....	1
1.1. Présentation de l'ouvrage étudié.....	1
1.1.1. Introduction.....	1
1.1.2. Caractéristiques de la structure .....	1
1.1.3. Données du site.....	1
1.1.4. Répartition de l'ouvrage.....	2
1.1.5. Classification de l'ouvrage.....	8
1.2. Ossature de l'ouvrage.....	9
1.2.1. Planchers .....	10
1.2.2. Maçonnerie .....	10
1.2.3. Revêtements.....	10
1.2.4. Acrotère.....	10
1.2.5. Les escaliers.....	11
1.3. Caractéristiques des matériaux de construction .....	11
1.3.1. Le béton.....	11
1.3.2. L'acier.....	15
1.4. Hypothèses de calcul : C.B.A 93 (A : 4.3.2) .....	17
1.5. Les Actions.....	19
1.5.1. Définition .....	19
1.5.2. Les Sollicitations.....	19
<i>Chapitre 02</i> .....	<i>21</i>
DEFINITION DE LA DEMOLITION DU BATIMENT.....	21
2.1. Introduction .....	21
2.2. Définition de la démolition.....	21
2.3. Etapes pratiques de la démolition.....	22
2.3.1. Le désamiantage .....	22
2.3.2. Le déplombage .....	23
2.3.3. Le curage.....	23
2.3.4. La déconstruction.....	23
2.3.5. L'oxydé-coupage.....	23

2.3.6. La décontamination.....	23
2.3.7. Le nettoyage .....	23
2.4. Procédés de démolition .....	24
2.5. Procédés mécaniques.....	24
2.5.1. Procédés utilisant la percussion ou des vibration.....	24
2.5.2. Procédés agissant par traction de câble .....	28
2.6. Réglementations pour la démolition .....	29
Le permis de démolir .....	29
2.7. Les différentes méthodes de démolition/déconstruction .....	30
2.7.1. La démolition manuelle .....	30
2.7.2. La démolition mécanique.....	31
2.7.3. La démolition par découpage.....	33
 <i>Chapitre 03.....</i>	 <i>34</i>
OPÉRATION DE RECONSTRUCTION .....	34
3.1. Définition.....	34
3.2. Les différents types de travaux de rénovation .....	34
3.3. Les différentes étapes lors d'un projet de rénovation.....	34
3.3.1. La liste des besoins.....	34
3.3.2. Faire le point sur l'existant.....	34
3.3.3. Devis et durée des travaux .....	35
3.3.4. Acceptation des devis par le client.....	35
3.3.5. Début des travaux – le gros œuvre.....	35
3.3.6. Suite des travaux avec le second œuvre .....	35
 <i>Chapitre 04.....</i>	 <i>36</i>
DEFINITION DE LA PREFABRICATION.....	36
4.1. Introduction .....	36
4.2. Définition de la préfabrication.....	36
4.3. Type de préfabrication .....	36
4.3.1. La préfabrication légère .....	36
4.3.2. La préfabrication lourde.....	36
4.4. Structures de bâtiments préfabriqués en béton armé .....	37
4.4.1. Structures à ossature .....	37
4.4.2. Structures en panneaux préfabriqué .....	37
4.4.3. Structures tridimensionnelles à empilage.....	37
4.5. Différents type d'installation de préfabrication .....	37

4.5.1. Atelier précaire .....	37
4.5.2. Atelier forain .....	38
4.5.3. Usine fixe.....	39
4.6. Choix de la préfabrication.....	42
4.6.1. Cout.....	42
4.6.2. Délai .....	42
4.6.3. Qualité.....	42
4.6.4. Sécurité.....	43
4.6.5. Environnement.....	43
4.7. Les éléments préfabriqués .....	43
4.8. Méthode de fabrication.....	43
4.8.1. Traitement des faces des panneaux.....	43
4.8.2. Mise en place des armatures .....	43
4.8.3. Béton mise en œuvre .....	44
4.8.4. Traitement du béton .....	44
4.8.5. Finition et stockage des éléments .....	44
4.9. Opération des fabrication des panneaux .....	44
4.10. Installation des éléments préfabriqués sur le chantier .....	45
4.11. Montage des panneaux sur le chantier .....	45
4.11.1. Tolérances .....	45
4.11.2. Mise en place des panneaux.....	45
4.12. Coffrage métallique .....	46
4.12.1. Les avantages du coffrage métallique .....	46
4.12.2. Caractéristiques du coffrage métallique .....	46
4.12.3. La table et banche.....	47
4.13. Chaînage, assemblage et joints.....	47
4.14. Avantages et inconvénients de la préfabrication.....	50
4.14.1. Avantage de la préfabrication .....	50
4.14.2. Inconvénients de la préfabrication .....	50
<b>Chapitre 05.....</b>	<b>51</b>
<b>CALCUL DES ELEMENTS PREFABRIQUES.....</b>	<b>51</b>
5.1. Introduction .....	51
5.1.1. Ferrailage des voiles .....	51
5.1.2. Prescriptions pour le ferrailage des voiles.....	51
5.1.3. Etude sismique .....	51
5.2. Choix de la méthode de calcul (art 4 .1.RPA 99/2003 P33) .....	52
5.2.1. La méthode statique équivalente.....	52
5.2.2. Méthode d'analyse modale spectrale :(art 4.3 RPA99/2003 ; P44).....	56

---

5.2.3. Vérification des résultats vis-à-vis du RPA99/Version 2003 .....	58
5.3. Ferrailage des voiles.....	60
5.3.1. Stabilité des constructions vis-à-vis les charges latérales .....	60
5.3.2. Rôle de contreventement.....	60
5.3.3. Ferrailage des voiles .....	60
5.4. Assemblage entre deux voiles de deux étages.....	73
 <i>Chapitre 06.....</i>	 <i>76</i>
DEFINITION DE L'ATELIER DE PREFABRIQUES .....	76
6.1. Introduction .....	76
6.2. Description de l'atelier.....	76
6.3. Définition des tâches et les postes de travail d'un l'atelier.....	77
6.3.1. Façonnage des aciers .....	77
6.3.2. Coffrage des moules .....	78
6.3.3. Coulage du béton .....	81
6.3.4. Durcissement (traitement thermique).....	82
6.3.5. Démoulage (décoffrage) .....	86
6.4. Détermination de nombres des éléments préfabriqués .....	87
6.4.1. Les Voiles .....	87
6.4.2. Blocs 1, 2 et 3 .....	87
6.5. Capacité de production de l'atelier .....	88



## Liste des figures

Figure 1.1. Vue en plan de structure .....	2
Figure 1.2. Vue 3D d'un bloc. ....	3
Figure 1.3. Les démentions d'un bloc. ....	4
Figure 1.4. Plan de façade d'un bloc. ....	5
Figure 1.5. Plan de situation et de masse. ....	6
Figure 1.6. Plan de réez de chaussée d'un bloc. ....	7
Figure 1.7. Plan de étage courant d'un bloc. ....	8
Figure 1.8. Diagramme contrainte déformation. ....	14
Figure 1.9. Diagramme de déformation-contrainte. ....	16
Figure 1.10. Diagramme de déformation-contrainte. ....	18
Figure 2.1. démolition d'un ouvrage. ....	22
Figure 2.2. Marteaux piqueurs et marteaux foreurs. ....	25
Figure 2.3. Brise roche hydraulique. ....	26
Figure 2.4. Pince à béton. ....	27
Figure 2.5. Tirage au câble en tête d'ouvrage. ....	28
Figure 2.6. Tirage au câble en tête et pied d'ouvrage. ....	28
Figure 2.7. Démolition manuelle. ....	31
Figure 2.8. Démolition à la pelle. ....	32
Figure 2.9. Brokk. ....	32
Figure 4.1. Atelier précaire à l'air libre au pied de l'ouvrage à édifier. ....	38
Figure 4.2. Emplacement des grues. ....	38
Figure 4.3. Atelier forain. ....	39
Figure 4.4. Préfabrication usine. ....	39
Figure 4.5. Exemple d'aménagement d'un usine. ....	40
Figure 4.6. Exemple d'aménagement d'un atelier de préfabrication. ....	41
Figure 4.7. Assemblage mur/mur. ....	48
Figure 4.8. Assemblage volée/palier. ....	48
Figure 4.9. Assemblage plancher/façade. ....	49
Figure 4.10. Assemblage façade/façade. ....	50
Figure 5.1. Position des voiles. ....	57
<b>Figure 5.2.</b> Diagramme contrainte. ....	64
<b>Figure 5.3.</b> Diagramme contrainte. ....	68
Figure 5.2. Schéma de ferrailage de voile V1. ....	71
Figure 5.3. schéma de ferrailage de voile V2. ....	72

---

Figure 5.4. Vue 3D de montage d'un élément .....	74
Figure 5.5. Montage d'un élément .....	75
Figure 6.1. Façonnage des aciers.....	78
Figure 6.2. Table basculant position de coulage .....	79
Figure 6.3. Table basculant position de levage.....	79
Figure 6.4. Disposition de l'armature dans le moule.....	80
Figure 6.5. Coulage et lissage des panneaux .....	81
Figure 6.6. Cycle de traitement thermique .....	85
Figure 6.6. Position des voiles préfabriqués .....	87
Figure 6.7. Plan d'installation d'un atelier .....	89
Figure 6.8. Dimension et espacement d'atelier sur terrain.....	90

---

## *Liste des tableaux*

---

Tableau 1.2. Caractéristiques mécaniques d'acier.....	15
Tableau 2.1. caractéristique du marteau foreur. ....	25
Tableau 5.1. Valeur de T1 et T2. ....	54
Tableau 5.2. Valeur de $P_q$ .....	55
Tableau 5.3. Résultat de l'analyse dynamique par le logiciel ETABS.....	58
Tableau 5.4. Vérification de la résultante des force. ....	59
Tableau 5.5. Vérification des déplacements(sens X-X).....	59
Tableau 5.6. Vérification des déplacements (sens Y-Y).....	60
Tableau 5.7. Sollicitation des voiles.....	63
Tableau 6.1. Nombres des voiles V1 . ....	88
Tableau 6.2. Nombres des voiles V2.....	88
Tableau 6.3. Totale des voiles préfabriqués. ....	88

## Listes des Symboles

<b>A</b>	Coefficient d'accélération de zone.
<b>D</b>	Facteur d'amplification dynamique.
<b>E</b>	Action accidentelle.
<b>F</b>	Force concentrée.
<b>G</b>	Action permanente.
<b>I</b>	Moment d'inertie.
<b>L</b>	Longueur , portée.
<b>M</b>	Moment fléchissant.
<b>N</b>	Effort normal.
<b>Q</b>	Action d'exploitation ; Facteur de qualité.
<b>R</b>	Coefficient de comportement global de la structure.
<b>T</b>	Effort tranchant, période.
<b>V</b>	Force sismique totale.
<b>W</b>	Poids totale de la structure.
<b>Z</b>	Bras de levier.
<b>ELU</b>	Etat limite ultime.
<b>ELS</b>	Etat limite service.
<b>A<sub>r</sub></b>	Armature de réparation.
<b>A<sub>st</sub></b>	Section d'armature.
<b>B<sub>r</sub></b>	Section réduite.
<b>C<sub>p</sub></b>	Facteur de force horizontal.
<b>C<sub>T</sub></b>	Coefficient de période.
<b>E<sub>b</sub></b>	Module de déformation longitudinale du béton.
<b>E<sub>ij</sub></b>	Module d'élasticité instantané.
<b>E<sub>s</sub></b>	Module d'élasticité de l'acier.
<b>E<sub>vj</sub></b>	Module d'élasticité différé.
<b>I<sub>0</sub></b>	Moment d'inertie de la section totale homogène.
<b>I<sub>fi</sub></b>	Moment d'inertie fictif pour les déformations instantanées.
<b>I<sub>fv</sub></b>	Moment d'inertie fictif pour les déformations différées.
<b>I<sub>x</sub> , I<sub>y</sub></b>	Moment d'inertie.
<b>L<sub>f</sub></b>	Longueur de flambement.
<b>M<sub>0</sub></b>	Moment en travée d'une poutre reposant sur deux appuis libres.
<b>M<sub>a</sub></b>	Moment en appuis.
<b>M<sub>t</sub></b>	Moment en travée.
<b>M<sub>u</sub></b>	Moment à l'état limite ultime.

---

$M_{ser}$	Moment à l'état limite service.
$N_u$	Effort normal pondéré aux états limites ultime.
$N_{ser}$	Effort normal pondéré aux états limites de service.
$S_t$	Espacement.
$W_i$	Poids au niveau « i ».
$d$	Distance séparant entre la fibre la plus comprimée et les armatures inférieures.
$e$	Epaisseur.
$f$	Flèche.
$\bar{f}$	Flèche admissible.
$d'$	Distance entre les armatures et la fibre neutre (armature sup).
$f_e$	Limite d'élasticité de l'acier.
$f_i$	Flèche due aux charges instantanées.
$f_v$	Flèche due aux charges de longue durée.
$f_{bc}$	Contrainte de calcul.
$f_{cj}$	Résistance à la compression du béton à (j) jour.
$f_{ij}$	Résistance à la traction du béton à (j) jour.
$f_{c28}$	Résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours.
$f_{t28}$	Résistance caractéristique à la traction du béton à 28 jours.
$i_x, i_y$	Rayon de giration.
$\alpha$	Position relative de la fibre neutre.
$\beta$	Coefficient de pondération.
$\lambda$	Elancement.
$\varepsilon$	Déformation relative.
$\phi$	Diamètre des armatures.
$\eta$	Facteur de correction d'amortissement.
$\theta$	Coefficient d'application.
$\mu_u$	Moment ultime réduit.
$\gamma_b$	Coefficient de sécurité de béton.
$\gamma_s$	Coefficient de sécurité d'acier.
$\tau_u$	Contrainte de cisaillement.
$\bar{\tau}_u$	Contrainte ultime de cisaillement.
$\sigma_{bc}$	Contrainte de béton.
$\sigma_{st}$	Contrainte d'acier.
$\bar{\sigma}_{bc}$	Contrainte admissible du béton.
$\bar{\sigma}_{st}$	Contrainte admissible d'acier.
$\bar{\sigma}_{sol}$	Contrainte admissible du sol.

---

# INTRODUCTION GENERALE

---

L'étude des structures est une étape clef et un passage obligé dans l'acte de bâtir. Cette étude vise à mettre en application les connaissances acquises durant les cinq années de formation d'ingénieur à travers l'étude d'un ouvrage en béton armé.

Particulièrement cette étude concerne une opération démolition de bâtiment vétustes (à démolir) et nécessite donc une rénovation totale de ces bâtiment c.à.d. reconstruction.

A cet effet l'étude est subdivisé en deux étapes :

- Etude et réalisations de la démolition de l'ancienne construction (ancien bâtiment).
- Etude et réalisation de la reconstruction des nouveaux bâtiments ; en adoptant le procédé technologique d'industrialisation a sa voire la préfabrication.

Dans ce projet, nous avons procédé au calcul d'un bâtiment comportant un RDC plus 04 étages dont le système de contreventement mixte est assuré par des voiles et des portiques on utilisant des voiles préfabriqués.

Dans cette étude, on a utilisé le logiciel de calcul par éléments finis ETABS (Version 9.0.7) particulièrement efficace dans la modélisation des bâtiments à plusieurs étages. Il nous a permis non seulement la détermination des caractéristiques dynamiques de la structure, mais aussi les efforts internes qui sollicitent chaque élément de la structure. Les efforts engendrés dans le bâtiment, sont ensuite utilisés pour ferrailer les éléments résistants suivant les combinaisons et les dispositions constructives exigées par le BAEL91 et les Règles Parasismiques Algériennes "RPA99/Version 2003".

# Chapitre 01

## PRESENTATION DU PROJET

---

### 1.1. Présentation de l'ouvrage étudié

#### 1.1.1. Introduction

L'ouvrage à étudier est un bâtiment du projet des **30 logements socio-locatifs**. Ce bâtiment est implanté dans la ville de **DHAMCHA**, de la wilaya de **Sétif**. Il est composé de 03 blocs similaires de 05 niveaux à usage d'habitation symétriques séparés par un joint sismique. Chaque niveau ayant une distribution de 02 logements par étage dans chacun des 03 blocs. La structure de l'ouvrage à étudier est en portiques associés à des voiles, ce qui offre un contreventement mixte.

#### 1.1.2. Caractéristiques de la structure

Les caractéristiques de la structure à étudier sont:

- Longueur en plan 21.00 m.
- Largeur du bloc : 10.90 m
- Hauteur totale du bâtiment 16.25 m.
- Hauteur du RDC 3.15 m.
- Hauteur d'étage courant 3.15 m.

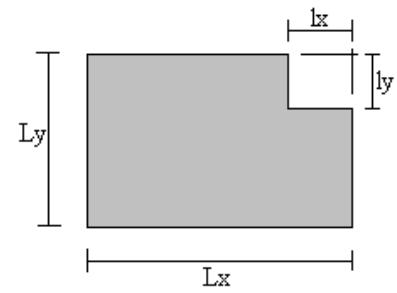
#### 1.1.3. Données du site

- Le bâtiment est implanté dans une zone classée par le RPA 99/Version 2003 comme zone de moyenne sismicité (zone IIa).
- L'ouvrage appartient au groupe d'usage 2.
- Le site est considéré comme meuble: catégorie S3.
- Contrainte admissible du sol  $\bar{\sigma} = 2$  bars.

La structure du bâtiment présente une irrégularité en plan :

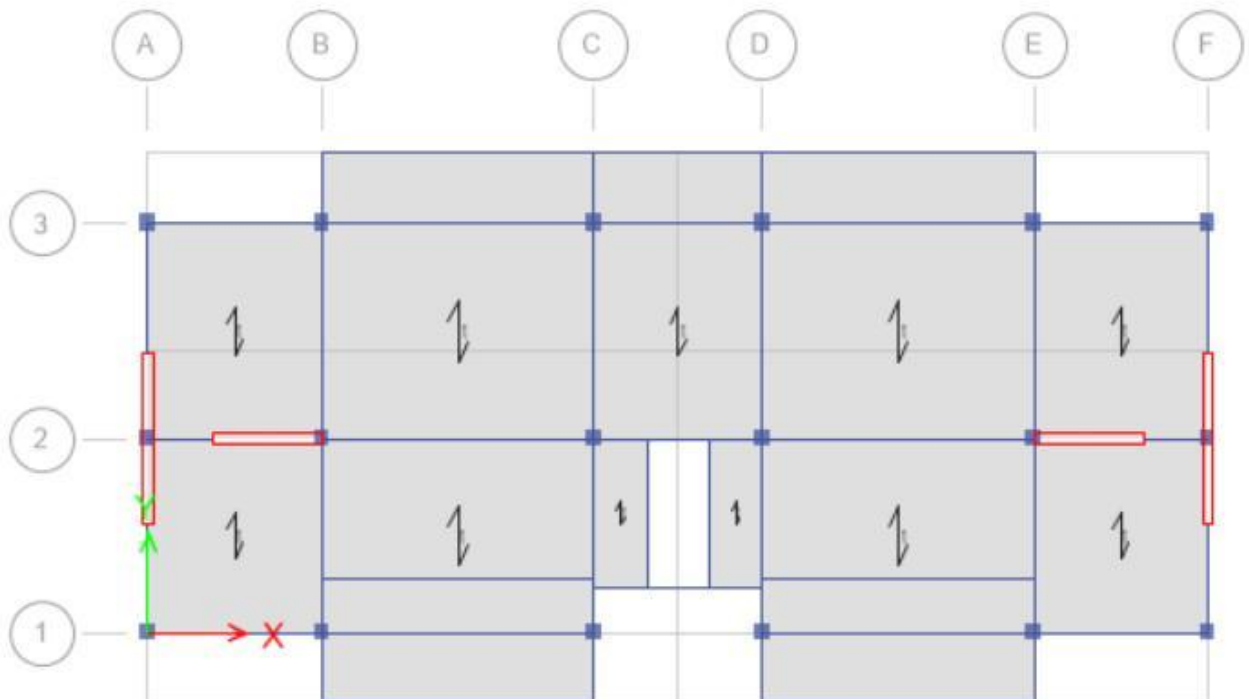
$$\frac{l_x}{L_x} = \frac{145}{1130} = 0.13 \leq 0.25 \text{ Vérifiée}$$

$$\frac{l_y}{L_y} = \frac{335}{2131} = 0.15 \leq 0.25 \text{ Vérifiée}$$



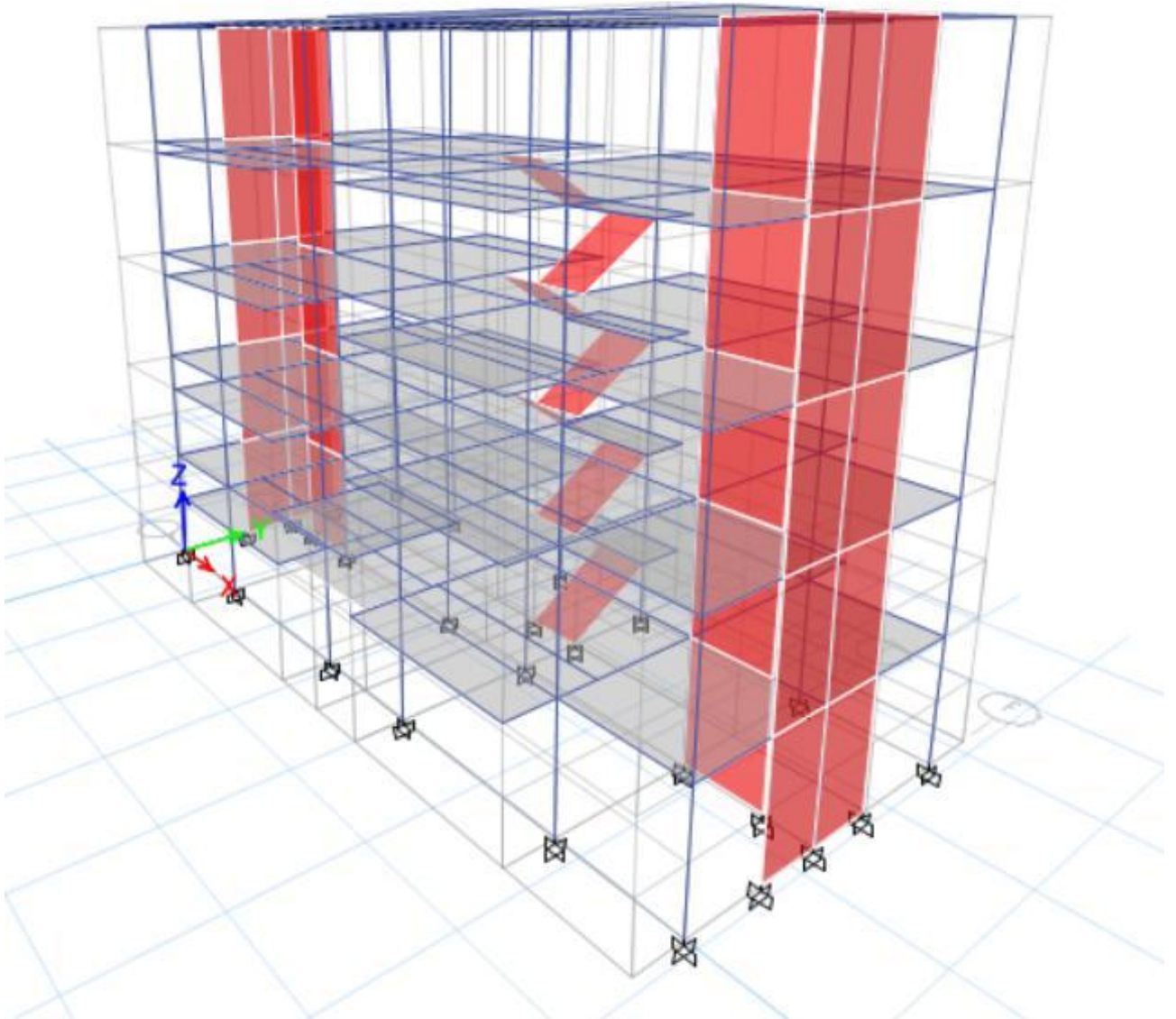
#### 1.1.4. Répartition de l'ouvrage

Cet ouvrage est constitué d'un RDC et 4 étages de 2 logement f3 (voir fig..).



**Figure 1.1.** Vue en plan de structure





**Figure 1.2.** Vue 3D d'un bloc.

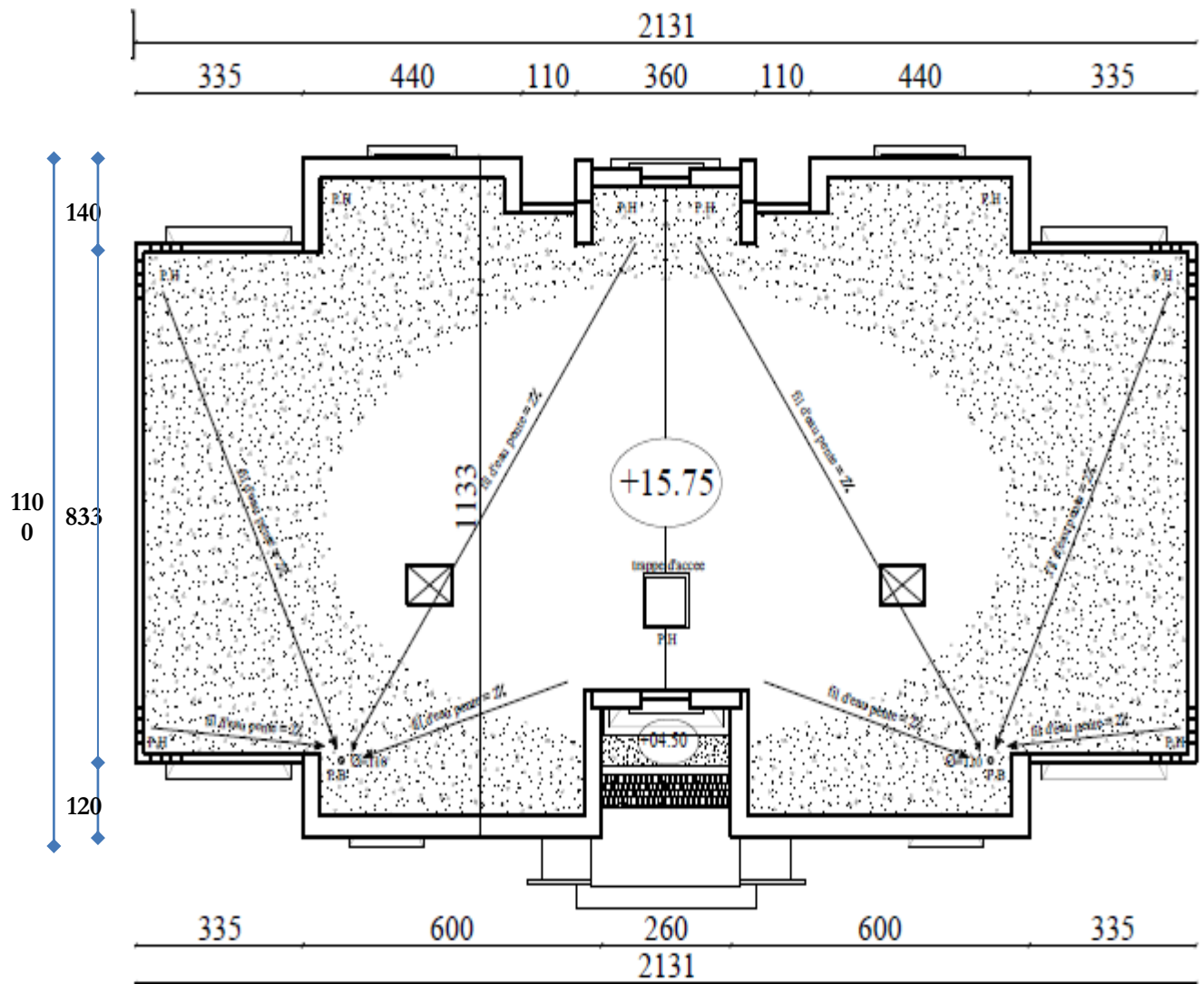


Figure 1.3. Les démentions d'un bloc.

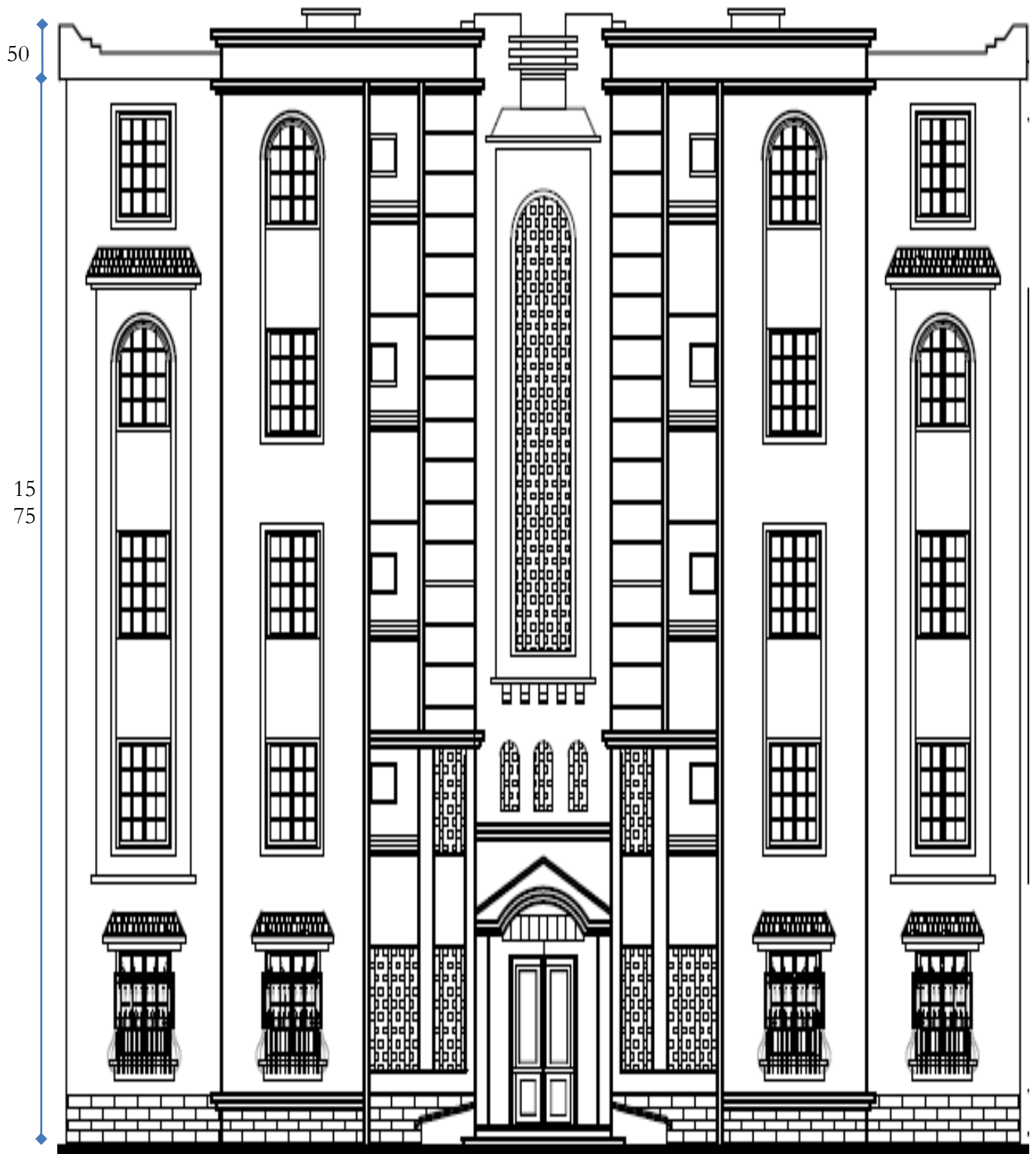
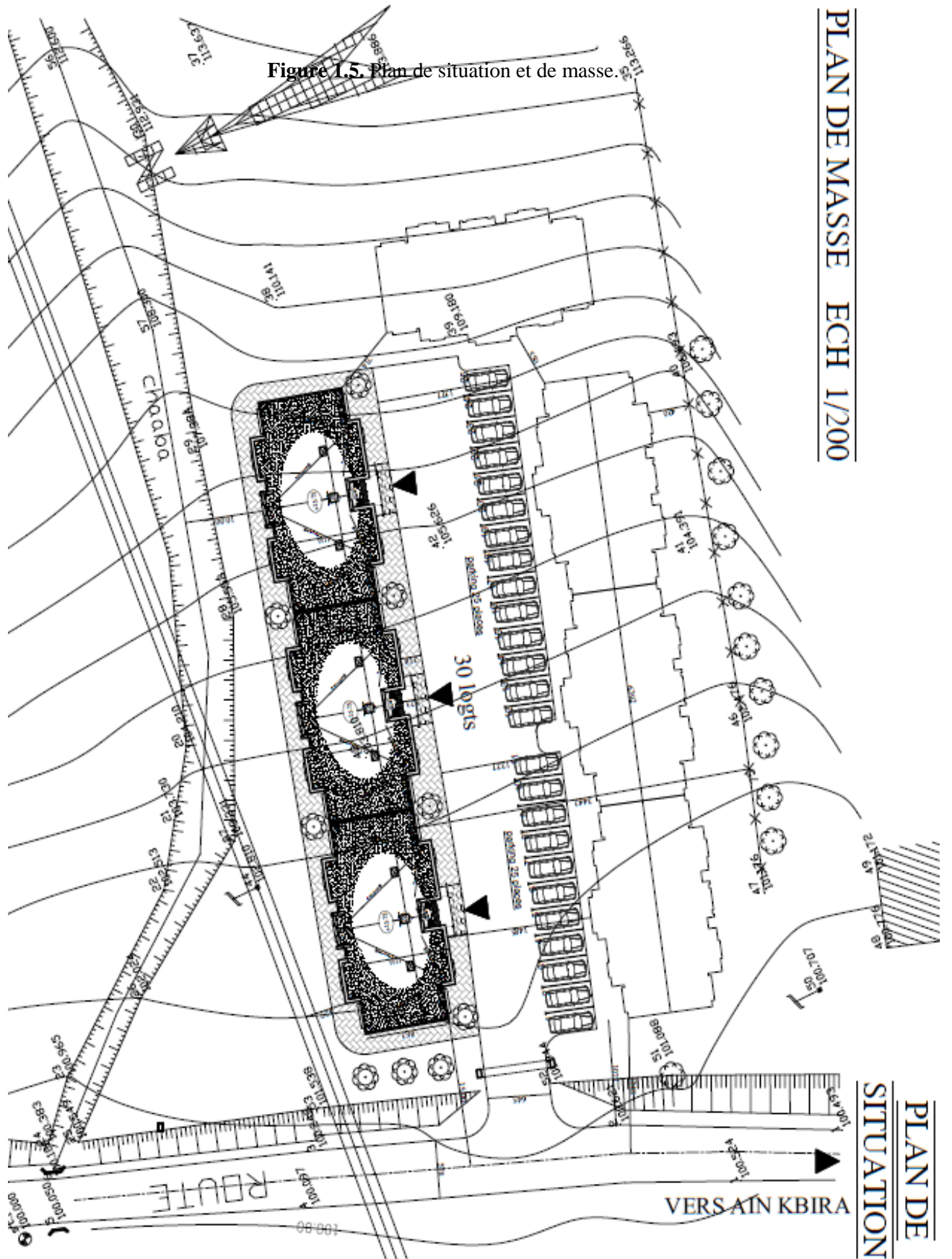


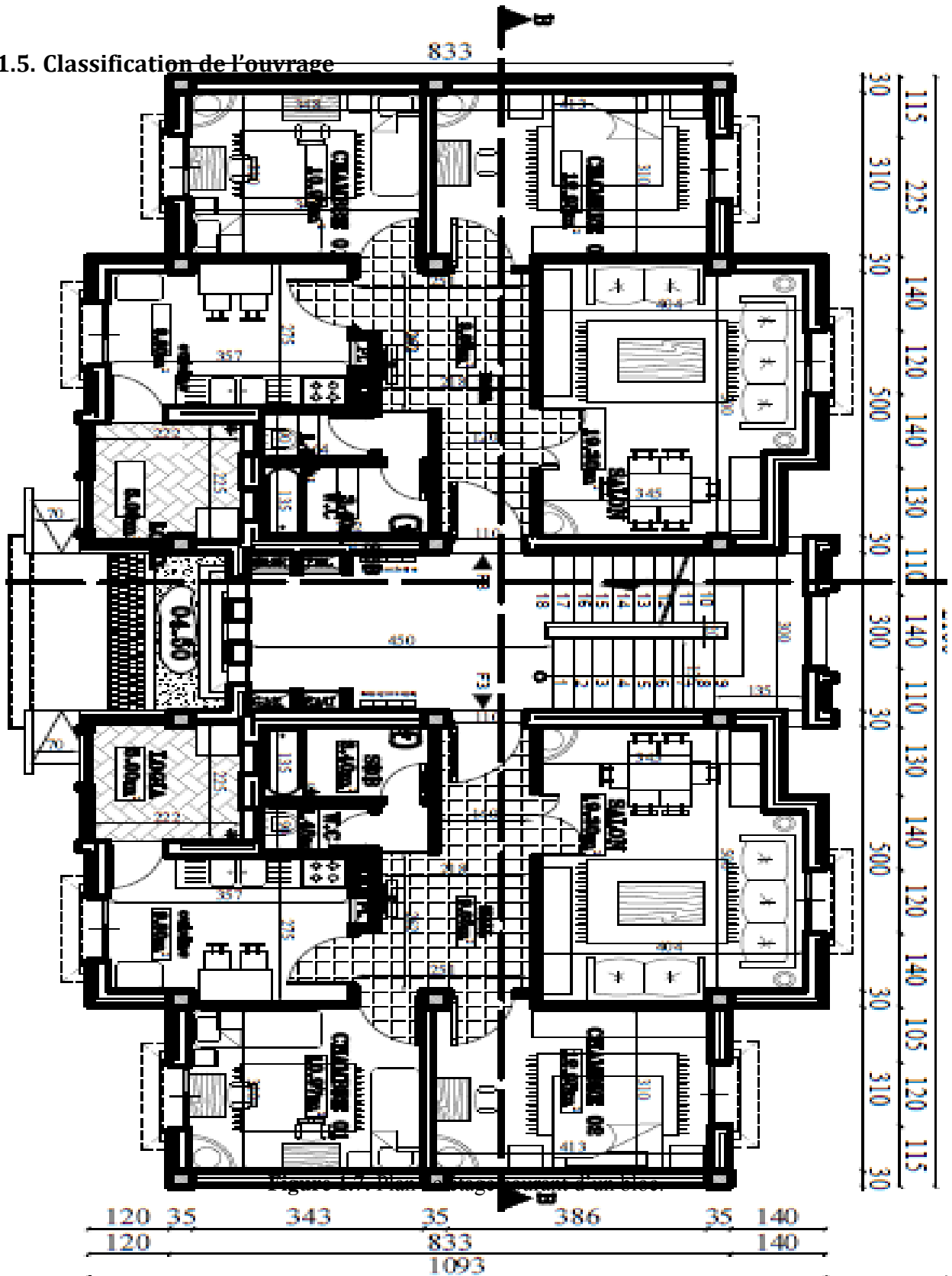
Figure 1.4. Plan de façade d'un bloc.







1.1.5. Classification de l'ouvrage



L'objet de la classification des ouvrages se traduit, dans les règles et les méthodes de calcul, par l'attribution pour chacune des catégories de cette classification des méthodes de calcul et règlements adéquats, et notre ouvrage seront classé comme suit :

#### **1.1.5.1. Selon l'importance**

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa destination et de son importance vis à vis des objectifs de protection fixés par la collectivité.

Notre ouvrage est classé selon le *RPA* dans la grande importance (groupe d'usage 2), mais un coefficient d'accélération de zone A = 0,15 est retenu pour le calcul sismique.

#### **1.1.5.2. Selon le système de contreventement**

La classification des systèmes structuraux est faite en tenant compte de leur fiabilité et de leur capacité de dissipation de l'énergie vis-à-vis de l'action sismique.

Le système de contreventement de notre structure est de type **4a** (système de contreventement mixte assuré par des voiles et des portiques, les voiles reprennent au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales)

#### **1.1.5.3. Selon la configuration**

Notre bâtiment est considéré comme régulier en plan et en élévation, les critères de décrochements imposés par le *RPA* sont vérifiés

#### **1.1.5.4. Selon le type des nœuds**

Dans la pratique les structures subissent soit des déplacements de nœuds, soit des rotations de nœuds, rarement des déplacements et des rotations simultanément de nœuds, d'où la classification soit à nœuds fixes ou à nœuds déplaçables. Notre bâtiment est à nœuds fixes parce que les déplacements latéraux sont empêchés (structure contreventée par voiles). Equations et formules mathématiques.

### **1.2. Ossature de l'ouvrage**

Le contreventement de la structure est assuré par des voiles et des portiques tout en justifiant l'interaction portiques-voiles, pour assurer la stabilité de l'ensemble sous l'effet des actions verticales et des actions horizontales (forces sismiques).

Pour ce genre de contreventement, il y a lieu également de vérifier les conditions suivantes :

- Les voiles de contreventement ne doivent pas reprendre plus de 20% des sollicitations

dues aux charges verticales.

- Les charges horizontales sont reprises conjointement par les voiles et les portiques proportionnellement à leurs rigidités relatives ainsi qu'aux sollicitations résultant de leurs interactions à tous les niveaux.
- Les portiques doivent reprendre, outre les sollicitations dues aux charges verticales, au moins 25% de l'effort tranchant d'étage.

### 1.2.1. Planchers

Les planchers sont considérés comme des diaphragmes rigides d'épaisseur relativement faible par rapport aux autres dimensions de la structure. Ils ont pour rôle de résister aux charges verticales et de les transmettre aux éléments porteurs de la structure résistante.

Notre bâtiment ne comporte qu'un seul type de planchers qui est à dalle pleine.

### 1.2.2. Maçonnerie

Pour cet ouvrage, nous avons deux types de cloisons :

- Murs extérieurs : ils sont constitués en deux rangées
  - Brique creuse de 15cm d'épaisseur.
  - L'âme d'air de 5cm d'épaisseur.
  - Brique creuse de 10cm d'épaisseur.
- Murs intérieurs (cloisons de séparation) : ils sont constitués par une cloison de 10cm d'épaisseur

### 1.2.3. Revêtements

Les différents revêtements utilisés dans la structure sont constitués par :

- Du compacte de 0.8cm pour les planchers courants.
- L'étanchéité pour le plancher - terrasse inaccessible.
- Du marbre pour les escaliers.
- de l'enduit de plâtre pour les murs intérieurs et les faux plafonds.
- Céramique dans les salles d'eau.

### 1.2.4. Acrotère

Comme la terrasse est inaccessible, le dernier niveau est entouré d'un acrotère en béton armé de 50 cm de hauteur et de 15 cm d'épaisseur.

L'acrotère a pour rôle d'assurer la sécurité et d'empêcher l'écoulement des eaux pluviales sur les façades.



### 1.2.5. Les escaliers

La circulation verticale est assurée par des escaliers droits comportant de deux à quatre volées. Notre ouvrage comporte un seul type d'escalier de deux volées parallèle.

## 1.3. Caractéristiques des matériaux de construction

Le béton armé se compose de béton et d'armatures. Il ne représente pas une bonne résistance à la traction ou au cisaillement, l'acier offre une bonne résistance aux efforts de traction, de l'association de ces deux matériaux, il résulte un matériau composite dans lequel chacun répond au mieux aux sollicitations auxquelles il est soumis.

### 1.3.1. Le béton

#### 1.3.1.1. Définition

Le béton est obtenu en mélangeant en quantité et en qualité convenable du ciment, des granulats (gravier, sable) et de l'eau selon le type d'ouvrage à réaliser.

On choisira les différentes proportions à donner pour chaque composant, l'ensemble de ces composants est basé avant tout sur l'expérience et sur les résultats obtenus après les essais des éprouvettes à la compression et à la traction.

Donc le problème posé est de définir les pourcentages des différents granulats, dont on dispose pour obtenir le béton avec un dosage approprié en ciment.

Le béton est connu par sa bonne résistance à la compression mais d'autre part à la mauvaise résistance à la traction, pour cela on introduit des armatures pour palier à cet inconvénient pour avoir un béton armé résistant à la compression et à la traction.

#### 1.3.1.2. Composition du béton

On appelle béton le matériau constitué par le mélange, dans les proportions convenables de ciment, de granulats (sables et pierraille) et d'eau et éventuellement des produits d'addition (adjuvants). C'est le matériau de construction le plus utilisé au monde, que ce soit en bâtiment ou en travaux publics.

- La qualité du **ciment** et ces particularités dépendent des proportions de calcaire et d'argile ou de bauxite et la température de cuisson du mélange.
- Le béton est constitué de deux types de **granulats** :
  - Sable de dimension inférieure à 5mm.
  - Gravier de dimension inférieure à 25mm.

- **L'eau** utilisée doit être propre, elle ne doit pas contenir des matières organiques qui influent sur le durcissement et la cohésion du béton.

### 1.3.1.3. Préparation du béton

On appelle **dosage** le poids du liant employé pour réaliser un mètre cube de béton.

La composition ordinaire pour notre cas ( $f_{c28} = 25\text{MPa}$ ) pour un mètre cube du béton est :

- 350Kg/m<sup>3</sup> de ciment (CPA) 325.
- 400L de sable  $D_g \leq 5\text{mm}$ .
- 800L de gravillon  $D_g \leq 25\text{mm}$ .
- 175L d'eau.

Il existe plusieurs méthodes de préparation basées sur la granulométrie parmi les quelles la méthode de *DREUX-GORISSE*.

### 1.3.1.4. Caractéristiques physiques et mécaniques du béton

- **La masse volumique:** La masse volumique des bétons est comprise entre 2200 et 2500 kg/m<sup>3</sup>. Cette masse volumique peut augmenter avec la modalité de mise en œuvre, en particulier avec la vibration.
- **Le retrait:** C'est la diminution de longueur d'un élément de béton. On peut l'assimiler à l'effet d'un abaissement de la température qui entraîne un raccourcissement.
- **La dilatation:** puisque le coefficient de dilatation thermique du béton est évalué à  $10^{-5}$ , pour une variation de  $\pm 20^\circ\text{C}$  on obtient :

$$\Delta L = \pm (2/1000) \times \text{longueur.}$$

- **Le fluage :** C'est le phénomène de déformation provoquée dans le temps sous une charge fixe constamment appliquée.
- **La résistance:**

#### ➤ Résistance du béton à la compression.

Pour l'établissement des projets, dans les cas courants, un béton est défini par la valeur de la résistance à la compression mesurée en décroisant des éprouvettes cylindriques de 200cm<sup>2</sup> de section ( $d = 16\text{cm}, h = 32\text{cm}$ )

La résistance est mesurée à l'âge de 28 jours

Selon les règles (*BAEL91*) la résistance du béton à la compression peut être estimée suivant la loi :

$$f_{cj} = \frac{j}{4.76+0.83j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40\text{mpa}$$

$$f_{cj} = \frac{j}{1.40+0.95j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} > 40\text{mpa}$$

$$f_{cj} = 1.1f_{c28} \text{ pour } j \geq 60$$

La réalisation du projet en étude fait normalement l'objet d'un contrôle régulier, la résistance caractéristique du béton à adopter sera ainsi :

$$f_{c28} = 25\text{MPa. (Valeur adoptée pour les constructions civiles et industrielles).}$$

➤ **Résistance du béton à la traction.**

La résistance caractéristique à la traction du béton à « j » jours notée  $f_{tj}$ , est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0.6 + 0.06f_{cj} \quad (\text{MPA}) \quad \text{et Pour } f_{cj} \leq 60\text{MPA}$$

$$\text{Donc : } f_{c28} = 25\text{MPA} \rightarrow f_{t28} = 2,1\text{MPA}$$

• **Module de déformation longitudinale du béton.**

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24 heures, on admet à défaut de mesures qu'à l'âge de « j » jours le module de déformation longitudinale instantanée du béton «  $E_{ij}$  » est égale :

$$E_{ij} = 11000(f_{cj})^{1/3}$$

$$\text{Donc : } f_{c28} = 25\text{MPA} \rightarrow E_{i28} = 32164,2\text{MPA}$$

Le module de déformation différée «  $E_{vj}$  » à « j » jours du au fluage est donnée par la formule :

$$E_{vj} = 3700(f_{cj})^{1/3}$$

$$\text{Donc : } f_{c28} = 25\text{MPA} \rightarrow E_{v28} = 10819\text{MPA}$$

Et sous les mêmes actions le module de déformation transversale est donné par la relation :

$$G = E/2(1 + \nu)$$

$\nu$  : Coefficient de poisson

E : Déformation relative transversale au longitudinale.

Selon les règles (BAEL91) les valeurs de ce coefficient :

$$\nu = 0.20 \quad \text{Dans le cas des états limitent de service.}$$

$$\nu = 0.00 \quad \text{Dans } L'E.L.U.$$

### 1.3.1.5. Caractéristiques limites du béton

• **Contrainte ultime du béton en compression.**

$$\text{On a : } f_{bc} = 0.85f_{cj}/\theta\gamma_b, \text{ en pratique on aura } f_{cj} = f_{c28}$$

Avec :  $f_{bc}$  : contrainte limite ultime de compression.

$$\theta = 1 \text{ (la durée probable d'application de la combinaison d'actions.} \geq 24h)$$

$\gamma_b$  : Coefficient de sécurité.

$\gamma_b = 1.15$  : Pour les situations accidentelles.

$\gamma_b = 1.5$  : Pour les situations durables.

- **Contrainte limite du cisaillement.**

On a :

$$\bar{\tau}_u = \min\left(\frac{0.2f_{c28}}{\gamma_b}, 5\text{mpa}\right) \quad \text{Si la fissuration non préjudiciable.}$$

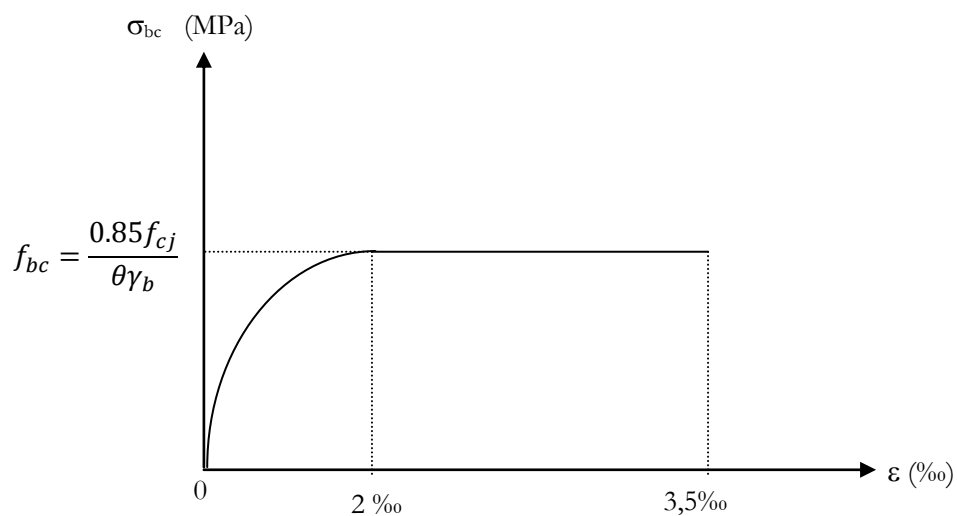
$$\bar{\tau}_u = \min\left(\frac{0.15f_{c28}}{\gamma_b}, 4\text{mpa}\right) \quad \text{Si la fissuration préjudiciable.}$$

- **Etat limite de contrainte du béton.**

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28}$$

- **Diagramme contrainte déformation.**

Pour la vérification à l'état limite ultime, on utilise pour le béton un diagramme non linéaire dit « parabole-rectangle » ou bien, dans un but de simplification le diagramme rectangulaire qui en est déduit.



**Figure 1.8.** Diagramme contrainte déformation.

## 1.3.2. L'acier

### 1.3.2.1. Définition

L'acier est un alliage fer-carbone en faible pourcentage, son rôle est d'absorbé les efforts de traction, de cisaillement et de torsion, on distingue deux types d'aciers :

- Aciers doux ou mi-durs pour 0.15 à 0.25 % de carbone.
- Aciers durs pour 0.25 à 0.40 % de carbone.

Le module d'élasticité longitudinal de l'acier est pris égale à :

$$E_s = 200000 \text{ map.}$$

### 1.3.2.2. Types d'acier

- Barres lisses (RL) → Fe E 235
- Barre à hautes adhérences (HA) → Fe E 400
- Treillis soudé de diamètre 6 hautes adhérences → Fe E 215.

### 1.3.2.3. Caractéristiques mécaniques

Valeur de la limite d'élasticité garantie  $f_e$ .

Type	Nuance	$f_e$ (MPa)	Emploi
Ronds lisses	$f_e E215$	215	Emploi courant Epingle de levage des pièces préfabriquées
	$f_e E235$	235	
Barre HA	$f_e E400$	400	Emploi courant
	$f_e E500$	500	
Treillis soudés	TL 505 $\phi > 6\text{mm}$	500	Treillis soudés uniquement emploi courant
	TL 520 $\phi \leq 6\text{mm}$	520	

**Tableau 1.1.** Caractéristiques mécaniques d'acier.

### 1.3.2.4. Contraintes limites

- **Contraintes limites à l'ELU.**  
 $\sigma_s = f_e / \gamma_s \rightarrow$  aciers naturels  
 $\sigma_s = 1.1 f_e / \gamma_s \rightarrow$  aciers écrouis

Avec :  $\gamma_s$  : Coefficient de sécurité dépend de type de situation.

$$\gamma_s = 1.15 \quad \text{En situation courante} \quad \sigma_s = 348 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1 \quad \text{En situation accidentelle} \quad \sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

- **Contrainte limite de service.**

Les contraintes limites de l'acier  $\sigma_s$  sont données en fonction de l'état limite d'ouverture des fissures.

- Fissuration peu nuisible de la contrainte:

Il n'y a aucune vérification à faire pour  $\bar{\sigma}_s$ .

- Fissuration préjudiciable:

$$\bar{\sigma}_s = \xi = \min\{2f_e/3, \max(0.5f_e, 110\sqrt{\eta f_{tj}})\}$$

- Fissuration très préjudiciable :

$$\bar{\sigma}_s = 0.8\xi, \xi = \min\{2f_e/3, \max(0.5f_e, \sqrt{\eta f_{tj}})\}$$

□ : Coefficient de sécurité dépend de l'adhérence.

□ = 1 pour les aciers (RL).

□ = 1,6 pour les aciers (HA).

- **Diagramme de déformation-contrainte.**

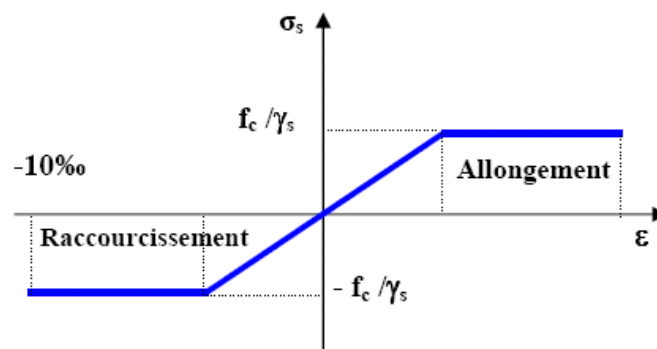


Figure 1.9. Diagramme de déformation-contrainte.

Si  $\varepsilon_s \leq \varepsilon_{es} \rightarrow \sigma_s = E_s \cdot \varepsilon_s$

Si  $\varepsilon_{es} \leq \varepsilon_s \leq 10\text{‰} \rightarrow \sigma_s = f_e/\gamma_s$

- **Les contraintes de calcul de notre projet.**

Dans notre cas,

- **Le Béton.**

✓ Ciment CPA 325

- ✓ Sable 0/5
- ✓ Gravillon 3/8
- ✓ Gravier 15/25

$$f_{cj} = 25\text{MPa pour } j = 28 \text{ jours} \Rightarrow f_{tj} = 0.6 + 0.06f_{cj} = 2.1\text{mpa}$$

$$\gamma_b = 1.5 \rightarrow f_{bc} = \frac{0.85f_{cj}}{\theta\gamma_b} = \frac{0.85 \cdot 25}{1.1,5} = 14.16\text{mpa}$$

➤ **Les aciers.**

La fissuration sera considérée comme étant préjudiciable. Nous aurons donc

On utilise des armatures à haute adhérence, un acier de  $f_e E400$  type 1.

$$\gamma_s = 1.15 \rightarrow f_e E400 \rightarrow \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348\text{mpa}$$

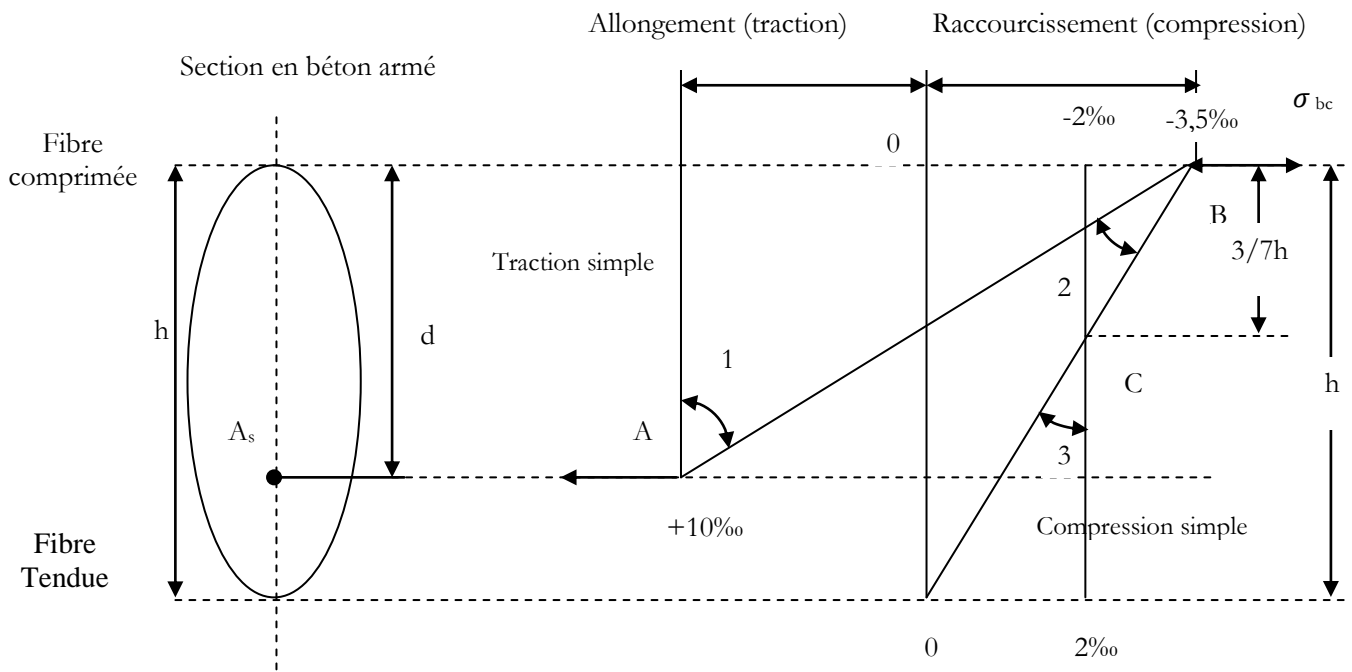
#### 1.4. Hypothèses de calcul : C.B.A 93 (A : 4.3.2)

Les hypothèses de calcul sont:

- Les sections droites restent planes et il n y a pas de glissement relatif entre les armatures et le béton.
- La résistance à la traction du béton est négligée.

- **Diagramme de déformation d'une section en béton armé.**

On distingue les trois domaines 1, 2 et 3 et les trois pivots A, B et C représentatifs de la déformation par l'un des quels doivent passer les diagrammes de déformation (Figure ci-après). Les calculs sont effectués à l'aide de la méthode des trois pivots décrite dans le code CBA93 (art, A.4.3.3, P22).



**Figure 1.10.** Diagramme de déformation-contraainte.

- **Etat limite ultime.**

- Les déformations des sections sont limitées pour l'allongement unitaire de l'acier à 10‰, pour le raccourcissement du béton à 3‰ en flexion et 2‰ en compression.
- On peut supposé concentrer en son centre de gravité la section d'un groupe de plusieurs barres, tendues ou comprimée, pourvue que l'erreur commise sur la déformation unitaire ne dépasse pas 15%.

- **Etat limite de service.**

- Le béton et l'acier sont considérés comme des matériaux élastiques.
- L'aire des aciers est concentrée en son centre de gravité.
- Le coefficient d'équivalence  $\eta = \frac{E_s}{E_b}$  est fixé forfaitairement à :  $\eta = 15$ .



## 1.5. Les Actions

### 1.5.1. Définition

Les actions sont des forces appliquées aune construction soit:

- directement: action permanentes, action variables d'exploitation, action climatiques et action accidentelles.
- indirectement: effet de retrait et de fluage, variation de température et tassement.
- **les actions permanentes (G).**

Elles ont une intensité constante ou très peu variable dans le temps, elles

Comprennent :

- poids propre de la structure.
- poids des éléments (remplissage en maçonnerie, cloisonnement, revêtement)
- efforts (poids, poussée des eaux et des terres)
- efforts dues à des déformations permanentes (mode de construction, tassement, retrait)
- **les actions variables (Q).**

Elles varient de façon importante dans le temps:

- Les charges d'exploitation.
- les charges climatiques.
- Explosion (gaz, bombes).
- Séismes.

### 1.5.2. Les Sollicitations

Les sollicitations sont définis comme étant les efforts provoquées en chaque point et sur chaque section de la structure, par les actions qui s'exercent sur elles ; les sollicitations sont exprimées sous formes des forces ; d'efforts (normaux ou tranchants) de moment (de flexion, de torsion .....etc.)

- **Pour les justifications aux états limite ultimes.**
- **Situation durable et transitoire.**

$$1.35 G_{max} + G_{min} + \gamma_{q1} Q_1 + \sum 1,3. \Psi_{0i} Q_i$$

Avec :

$G_{max}$  : L'ensemble des actions permanentes défavorables.

$G_{min}$  : L'ensemble des actions permanentes favorables.

$Q_1$  : L'action variable de base.

$Q_i$  : ( $i > 1$ ) Les autres actions variables dites d'accompagnements.

$\gamma_{q1}$  : dépend de la nature des actions considérées.

➤ **situation accidentelle.**

$$G_{max} + G_{min} + F_A + \Psi_{11}Q_1 + \sum \Psi_{2i} Q_i$$

Avec :

$F_A$  : Valeur minimale de l'action accidentelle.

$\Psi_{11}Q_1$  : Valeur fréquence d'une action variable.

$\Psi_{2i} Q_i$  : Valeur quasi permanente d'une action variable.

• **pour les justifications a l'état limites de service.**

La combinaison d'action à considérer est dite combinaison rare :

$$G_{max} + G_{min} + Q_1 + \sum \Psi_{0i} Q_i$$

# Chapitre 02

## DEFINITION DE LA DEMOLITION DU BATIMENT

---

### 2.1. Introduction

A travers le monde, nous rencontrons les constructions édifiées par l'homme (des bâtiments des ouvrages d'art et de génie civil, qui représentent les traces du passé conservées, voire protégées).

Aujourd'hui, pour toute structure, on parle facilement de « **durée de vie** ». Introduite dans les dernières décennies, en particulier avec les obligations d'assurance, cette notion est clairement affichée avec les concepts du **développement durable** et du « **cycle de vie** ».

Si les durées de vie des ouvrages peuvent se mesurer en siècles, les garanties fournies par les constructeurs en bâtiment ne **dépassent en général pas 30 ans**, alors qu'elles atteignent plus de 100 ans pour certains ouvrages d'art.

La fin de vie d'une construction peut intervenir soit par vieillissement « naturel », en raison de la dégradation des matériaux constitutifs, soit en raison d'une fragilisation de sa structure (défaut de conception, manque d'entretien, accident, catastrophe naturelle) ; l'ouvrage devient impropre à son usage, voire **dangereux**. Mais la fin de vie peut aussi être l'objet d'une décision sans lien avec l'état de l'ouvrage, par exemple lors d'opérations de renouvellement urbain ou de modernisation d'équipement.

Dans un cas comme dans l'autre, il faut alors recourir à la **démolition de la structure**.

### 2.2. Définition de la démolition

S'il fallait l'acte de démolir, on pourrait retenir la définition suivante :

C'est l'ensemble des actions visant à décomposer une structure, un ouvrage, en élément suffisamment réduits pour être évacués, éventuellement recyclés, dans les meilleures conditions de sécurité, en mettant en œuvre les procédés et méthodes les adaptés.



**Figure 2.1.** démolition d'un ouvrage.

### **2.3. Etapes pratiques de la démolition**

Le processus de démolition d'un bâtiment passe par plusieurs étapes essentielles. Toutes sont complémentaires et doivent être faites avec prudence, notamment :

#### **2.3.1. Le désamiantage**

Cette première étape consiste à enlever les composants d'amiante dans l'édifice, c'est-à-dire dans les murs, les façades et les enduits. L'amiante est un composant cancérigène, ce qui est nuisible à la santé. Il est désormais interdit dans la construction. Tous les éléments pouvant contenir cette matière doivent être supprimés ou mis en quarantaine dans des zones d'entrepôts spécifiques.

### **2.3.2. Le déplombage**

Cette opération, comme son nom l'indique, est une consistante à enlever toute la plomberie. Elle est une étape importante de déconstruction, car le plomb est une substance très toxique. Il existe plusieurs techniques pour le faire : par sablage, par grattage ou encore par décapage chimiques.

### **2.3.3. Le curage**

Il s'agit de la destruction des murs ou des constructions qui ne supportent pas la maison ou l'usine à démolir. Cette méthode a pour finalité de détruire d'une manière progressive des parties de l'édifice et si possible, réutiliser certains matériaux dans une autre construction. Il faut prendre des mesures spécifiques pour éviter les risques d'effondrement subites.

### **2.3.4. La déconstruction**

Elle peut se faire manuellement ou mécaniquement. La méthode est souvent utilisée pour les petites bâtisses ou maisons. Pour la démolition mécanique, les moyens utilisés sont d'une plus grande envergure. Elle est donc plus difficile à réaliser. Quoi qu'il en soit, l'Entreprise de démolition Toulon est une experte dans ces deux situations.

### **2.3.5. L'oxydé-coupage**

Elle s'apparente à la destruction des parties métalliques d'une construction. Elle peut-être partielle ou complète selon les structures en métal existantes, comme les poutrelles ou les tuyaux... L'utilisation d'un chalumeau est primordiale dans cette opération, car le métal se désolidarise par la forte chaleur. Il faut donc utiliser un chalumeau afin de couper les fixations métalliques.

### **2.3.6. La décontamination**

Elle concerne l'une des dernières étapes du processus de démolition d'une bâtisse. C'est dans cette étape qu'on va enlever toutes les matières nuisibles à la santé des hommes et de l'environnement. Il faut s'assurer que le lieu soit « clean » et exempté de tout risque de contamination par déchets toxiques pour les alentours.

### **2.3.7. Le nettoyage**

C'est la dernière étape d'une opération de démolition d'une construction. En effet, après avoir complètement balayé le lieu, il est nécessaire, voire indispensable, de se débarrasser des

débris, des déchets et des ordures sur l'ensemble du terrain. Les matières recyclables peuvent être récupérées et réutilisées dans un travail de construction future.

## 2.4. Procédés de démolition

Sans tenir compte de la démolition à l'aide d'outils manuels, on peut considérer que les procédés de démolition se divisent en quatre grandes familles :

- Les procédés mécaniques.
- Les procédés utilisant l'onde de choc ou l'expositif.
- Les procédés thermiques.
- La découpage au jet d'eau à haute pression.

Dans cette étude nous sommes intéressés par les **procédés mécaniques**.

## 2.5. Procédés mécaniques

Parmi les procédés mécaniques utilisés couramment dans la démolition, on peut distinguer quatre catégories:

- Les procédés utilisant la percussion ou des vibration;
- Les procédés agissant par traction de câble;
- Les procédés de découpage par perçage ou sciage avec des outils diamantés;
- Les procédés fondés sur la dislocation;

### 2.5.1. Procédés utilisant la percussion ou des vibration

Cette catégorie regroupe:

- Du matériel léger;
- Du matériel lourd;

#### 2.5.1.1. Matériel léger

Le matériel léger comprend le marteau piqueur et le marteau foreur ou perforateur.

##### ➤ **marteau piqueur**

Le marteau piquer est un outil a chocs. Sa cadence est rapide (1000 à2000 coups/minute).

La force pénétrante est assurée par un piston libre fonctionnant par air comprimé.

C'est un outil relativement léger (10 à 35 daN).l'énergie par coup est de 45 à 130 joules.

##### ➤ **Marteau foreur**

Marteau foreur est un appareil qui permet de percer des trous dans le béton par rotation et

percussions combinées. On l'utilise généralement pour percer des trous de faible diamètre (10 à 150 mm). L'ordre de grandeur de vitesse de rotation en fonction de diamètre à percer est le suivant :

D (mm)	V (tours/min)	Frappe (coup/min)
10	900	10000
15	600	7000
30	500	6000
150	25	1

**Tableau 2.1.** caractéristique du marteau foreur.



**Figure 2.2.** Marteaux piqueurs et marteaux foreurs.

### 2.5.1.2. Matériel lourd

Le matériel léger comprend la brise roche et la cisaille hydraulique ainsi que le boulet.

#### ➤ Brise roche hydraulique

Le brise roche hydraulique (BRH) et un grand marteau piqueur fixé au moyen d'un berceau sur le bras d'une pelle hydraulique (Figure 2.3). Son fonctionnement est assuré par la pression d'huile de l'engin porteur.

La cadence de frappe est moins élevée que celle du marteau piqueur (400 à 1000 coup/min suivant la dureté de matériau). C'est un outil lourd (100 à 2700 daN). L'énergie par coup est de l'ordre de 2000 joules.

Le principal inconvénient de ce type de matériel est qu'il engendre des vibrations.

- La première catégorie regroupe les engins dont la façon de frappe est inférieure à 1800 joules par coup.
- La deuxième catégorie concerne les engins de moyenne puissance notamment les BRH dont l'énergie de frappe est comprise entre 1800 et 2500 joules par coup.
- La troisième catégorie correspond aux engins dont l'énergie de frappe est supérieure à 2500 joules par coup.



**Figure 2.3.** Brise roche hydraulique.

➤ **Pince à béton**

C'est variante de BRH. Cet appareil (Figure 2.4) combine le serrage et les vibrations. Comme le BRH, il est fixé sur le bras de la pelle hydraulique au moyen d'un berceau. Son fonctionnement est assuré par la pression d'huile de la pelle elle-même. L'ouverture de la pince peut aller jusqu'à 60 cm.





**Figure 2.4.** Pince à béton.

➤ **Boulet ou -drop ball -**

On peut également classer le boulet ou –drop ball-, dans la catégorie des procédés de démolition utilisant la percussion. Il s'agit d'une masse sphérique de 50 à 200 kg, en acier ou en fonte, suspendue à un appareil de levage, le plus souvent une grue –treillis- (l'utilisation des grues à tour est déconseillée afin de ne pas compromettre de leur stabilité).

Deux câbles sont fixés en des points différents de la sphère:

- Un câble principal;
- Un câble e rappel permettant de récupérer le boulet en cas de rupture du câble principal;
- Les chocs s'appliquent de deux façons différentes;
- La masse tombe verticalement d'une certaine hauteur sur la partie de l'ouvrage à démolir (dalles, planchers, poutres);
- L'appareil de levage imprime à la boule un mouvement pendulaire. Elle vient alors percuter la partie de construction à abattre;

Cette méthode ne peut être utilisée que sur des chantiers présentant une aire de travail suffisamment dégagée. De plus, il est nécessaire de minorer la charge de sécurité de l'appareil de levage de 50%.

Enfin, c'est un procédé qui entraîne nuisance:

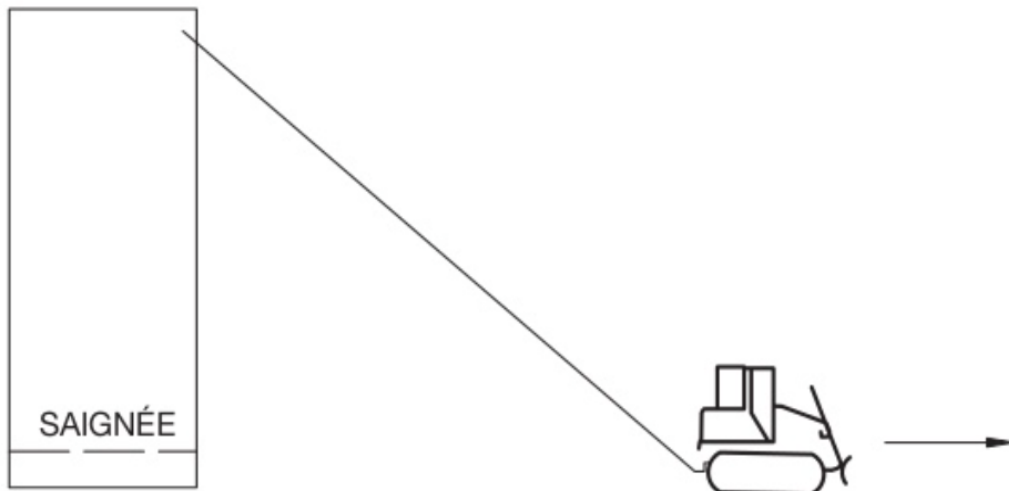
- Vibrations provoquées par les chocs.
- Poussière.

### 2.5.2. Procédés agissant par traction de câble

Lorsque la démolition d'un ouvrage doit être exécutée sans provoquer de vibrations et si la place dont on dispose le permet, il est possible de procéder au battage par traction de câble.

Ce procédé consiste à fixer un câble, relié à un -bulldozer-, sur une partie de la construction à démolir puis à exercer une traction sur ce câble.

Si on veut localiser l'endroit de la rupture, il est possible de réaliser une saignée sur la base de l'ouvrage (Figure 2.5).

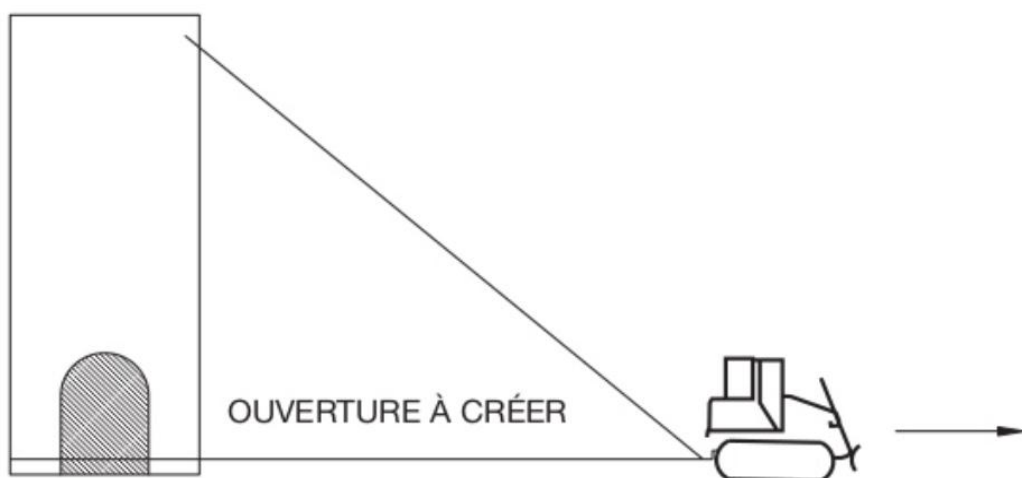


**Figure 2.5.** Tirage au câble en tête d'ouvrage.

Dans le cas d'une cheminée de faible hauteur? On exécute à la base trois ouvertures qui déterminent trois pieds, dont l'un est situé dans l'axe de chute.

Deux câbles fixés au bulldozer sont reliés:

- L'un en tête de l'ouvrage;
- L'autre destiné à cisailer le pied situé dans l'axe de vue (Figure 2.6);



**Figure 2.6.** Tirage au câble en tête et pied d'ouvrage.

Les procédés agissant par traction de câble sont raides et économiques. Ils présentent cependant certains dangers:

- **Risque de ruine prématurée**

La réalisation d'une saignée ou d'une ouverture dans la structure porteuse d'un ouvrage à démolir provoque des affaiblissements de cette dernière. Bien sur, il est toujours possible d'étayer mais, dans le cas de cheminées par exemple, les risques dus au vent sont importants.

- **Risque dus à la rupture de câble**

Compte tenu des efforts qui entrent en jeu, la menace de rupture d'un câble ne peut être écartée. Son fouettement constitue ainsi le risque principal.

À titre de prévention, il est nécessaire de matérialiser, dans l'emprise du chantier, une zone dite – zone de fouettement- qui sera neutralisée pendant toute la durée de l'opération.

- **Risque de pivotement de l'ouvrage**

Considérons un ouvrage reposant sur 4 appuis, tels certains d'eau ou réservoirs.

Dans le cas où la traction ne s'effectue pas dans l'axe de l'ouvrage, un des appuis peut céder prématurément et déséquilibrer l'ouvrage à la suite d'une distribution imprévue des charges.

Les procédés agissant par traction de câble manquent donc de précision; si ce critère est déterminant, il convient de choisir une autre technique.

## 2.6. Réglementations pour la démolition

### Le permis de démolir

Avant d'entamer un projet de déconstruction (totale ou partielle), il faut déposer en général une demande de permis de démolir auprès de l'**administration communale** dont dépend le site concerné. Le permis de démolir a une durée de **validité de 3 ans** ; il peut être prolongé de deux fois un an.

Il est **obligatoire** dans deux situations :

- ✓ Si le terrain est compris dans le périmètre d'un « **secteur protégé** ».
- ✓ Ou lorsque la commune l'a **instauré par délibération**.

Si la démolition est suivie d'une construction sur le même site, on parle alors de permis de construire valant permis de démolir.

**Seules quelques personnes peuvent déposer** la demande de permis de démolir :

- le propriétaire du terrain (ou les co-indivisaires),
- une personne ayant reçu l'autorisation du propriétaire,
- le meneur de l'exploration du terrain pour cause d'utilité publique.

Avant les travaux, il convient de connaître l'état des réseaux divers présents au droit de l'ouvrage et à l'intérieur de l'ouvrage (électricité courants forts et courants faibles, gaz, eau, ...), et d'en assurer la neutralisation.

Durant les travaux de déconstruction, la zone concernée doit être close afin d'**interdire toute intrusion**, la voirie extérieure doit être protégée et les habitants et passants doivent être informés.

## 2.7. Les différentes méthodes de démolition/déconstruction

Il existe différentes méthodes de démolition, choisies **en fonction des caractéristiques de l'ouvrage** à démolir :

- son emplacement et son environnement (site urbain ou autre),
- sa composition structurelle et son état de stabilité,
- sa volumétrie.

Et nous n'évoquerons pas ici la démolition par explosifs, qui requiert des compétences et savoir-faire très particuliers.

### 2.7.1. La démolition manuelle

Lors d'une démolition manuelle l'édifice est abattu en commençant par ses parties hautes. La démolition se fait au fur et à mesure, du haut vers le bas. Cette méthode est utilisée lorsque l'objet est de diminuer la hauteur de l'édifice sans démolir les fondations, ou si l'on cherche à faire une restauration partielle plutôt qu'une reconstruction.

Pour effectuer une **démolition manuelle**, outre les outils à main et mécaniques adaptées, il faut installer en particulier des échafaudages et des bâches.

Une autre méthode de démolition manuelle est le **sapement**, qui consiste à démolir du bas vers le haut. L'édifice est détruit en attaquant les fondations en premiers. Trop dangereux, le sapement n'est plus pratiqué.



Figure 2.7. Démolition manuelle.

## 2.7.2. La démolition mécanique

### 2.7.2.1. Démolition à la pelle

Démolir un édifice à la **pelle mécanique hydraulique** peut se faire soit :

- en tirant l'ouvrage, et on parle alors de démolition à la pelle mécanique par traction,
- par découpage (et/ou écrêtage), en « croquant » le béton au fur et à mesure.

Une pelle **mécanique à godet** est idéale pour démolir des murs porteurs et tout édifice en parpaings ou briques. Le godet joue non seulement le rôle de démolisseur, mais permet également de charger la benne avec les déchets produits.

Pour des raisons de sécurité, la démolition se fait de haut en bas. Dans d'autres cas, la pelle mécanique est équipée d'un broyeur à béton. Une **cisaille à ferraille** peut remplacer le broyeur à béton pour sectionner les structures métalliques. Une **pince de tri** complète ces outils spécifiques et permet une déconstruction plus précise et un tri affiné. Les différents accessoires d'une pelle sont ainsi primordiaux.



**Figure 2.8.** Démolition à la pelle.

### 2.7.2.2. Le « brokk »

Le « brokk », du nom de la société qui l'a inventé, est un **engin de démolition télécommandé** très puissant sur chenilles et pieds de stabilisation. Le « brokk » est en général pourvu d'un moteur électrique, garantissant des travaux sans émanation de gaz d'échappement et réduisant les nuisances sonores. L'opérateur qui le télécommande se positionne hors périmètre d'action de l'engin.

Cet équipement permet de réaliser des démolitions lorsque les accès sont compliqués ou présentent des contraintes particulières.



**Figure 2.9.** Brokk.

### **2.7.3. La démolition par découpage**

Le découpage est une méthode très précise de démolition, qui **limite les projections de gravats**, et évite les vibrations pouvant atteindre les constructions avoisinantes. Une démolition par découpage peut être effectuée en sciant la structure ou en y réalisant des perforations rapprochées. Des outils à diamants synthétiques sont utilisés pour découper des matériaux durs et épais ; les outils à diamants sertis quant à eux, sont adaptés aux matériaux moins durs.

Le découpage peut également se faire par projection d'un jet d'eau sous très haute pression ; on parle alors d'**hydro-démolition**.

**Après la démolition**, c'est la phase de tri et la valorisation des matériaux issus de la démolition qui s'engage ...

# Chapitre 03

## OPÉRATION DE RECONSTRUCTION

---

### 3.1. Définition

Une démolition-reconstruction est un type de travaux qui consiste à détruire un bâtiment (ou un espace construit) pour en construire un autre à la place, soit en raison de la vétusté du bâti, soit dans l'idée que la nouvelle construction sera de meilleure qualité ou répondra à des besoins nouveaux, qui ne pouvaient auparavant être satisfaits.

### 3.2. Les différents types de travaux de rénovation

- Les petits travaux de rénovation, qui seront plutôt de l'embellissement ou du rafraîchissement comme repeindre une pièce, poser du parquet...
- La rénovation d'une salle de bains ou d'une cuisine
- Une rénovation de maison plus lourde comme la rénovation d'une façade, les travaux de rénovation énergétique, les travaux d'agrandissement...

Quelque soit le type de travaux de rénovation envisagé, il est important de respecter différentes étapes afin d'avoir une rénovation réussie.

### 3.3. Les différentes étapes lors d'un projet de rénovation

#### 3.3.1. La liste des besoins

Il faudra commencer par lister ce qu'il y a à rénover dans la maison ainsi que les besoins du client.

#### 3.3.2. Faire le point sur l'existant

Il faudra ensuite faire le point sur l'existant pour éviter les mauvaises surprises pendant le chantier et les travaux. Une fois les besoins de votre client listés, il faudra :

- Etablir une préconisation technique et architecturale personnalisée selon les travaux envisagés



- Faire le point sur les contraintes liées à l'existant : contraintes techniques, contraintes administratives...
- Faire la liste des travaux à effectuer pendant la rénovation et proposer des solutions adaptées aux besoins du client

### **3.3.3. Devis et durée des travaux**

Maintenant, il faut passer au chiffrage des travaux : coût et temps :

- Etablir des devis détaillés au client pour chaque type de travaux afin qu'il puisse évaluer le coût et voir si cela rentre dans son budget.
- Estimer la durée des travaux.

### **3.3.4. Acceptation des devis par le client**

Faire valider les différents devis par le client avant de débiter les travaux et lui proposer un planning.

### **3.3.5. Début des travaux – le gros œuvre**

La première étape des travaux de rénovation sera le gros œuvre s'il y en a : les fondations, les façades, la charpente, la toiture, le système d'assainissement, les menuiseries extérieures.

### **3.3.6. Suite des travaux avec le second œuvre**

Une fois les gros travaux effectués, on passe aux travaux de finition et d'embellissement avec le second œuvre. Cette deuxième partie des travaux va permettre de rendre la maison ou l'appartement habitable.

Dans le second œuvre, on trouve par exemple les travaux d'isolation thermique et phonique, les revêtements de sol, les revêtements muraux, la peinture, l'électricité, la plomberie, le système de chauffage, les cloisons intérieures, les menuiseries intérieures....

# Chapitre 04

## DEFINITION DE LA PREFABRICATION

---

### 4.1. Introduction

Les progrès connus par les différentes industries : mécanisation, possibilités des transport et de manutention, apparition d'une nouvelle matériaux tels que le béton arme et précontraint, le besoin de construire un grande nombre de logement dans des délais brefs et des aires de plus en réduites. Toutes ces raison ont conduits les spécialistes a industrialiser le domaine de la construction civile et a penser au développement d'une nouvelle technologie appelée : la préfabrication.

### 4.2. Définition de la préfabrication

La préfabrication est une solution technique qui consiste a fabriquer a l'avance des produits (éléments de construction) généralement en grand nombre répétitif soit en usine ou sur chantier pour être montes sur place par la suite.

Exemples : poutrelle, prédalles, panneaux...

### 4.3. Type de préfabrication

On distingue essentiellement deux grandes classes de préfabrication de la construction : la préfabrication légère et la préfabrication lourde.

#### 4.3.1. La préfabrication légère

Elle fait appel à des éléments d'un poids maximal de l'ordre d'une tonne :

Éléments d'ossature tels que poutrelles, panneaux de façade, prédalles de petites dimension, cloisons de séparation...

#### 4.3.2. La préfabrication lourde

Elle met en jeu des éléments de construction dont les dimensions sont beaucoup plus importants : planchers complets de pièces d'habitation, façade de la hauteur d'étage, éléments de couverture de

grande portée et dont le poids peut atteindre actuellement une quinzaine de tonne, le matériau utiliser est généralement le béton armé ou précontraint

#### **4.4. Structures de bâtiments préfabriqués en béton armé**

##### **4.4.1. Structures à ossature**

Elles sont généralement constituées de poteaux, poutre, poutrelles et éléments de planches préfabriquées.

Les poteaux et la poutre peuvent être associés pour former le portique

##### **4.4.2. Structures en panneaux préfabriqués**

Elles sont essentiellement constituées de panneaux préfabriqués verticaux de la hauteur de l'étage formant les murs, les panneaux de planchers horizontaux en dalles pleines ou évidées. C'est la solution la plus employée dans la construction de logement, on distingue deux formes :

- ✓ Structure unidimensionnelles : les poutres , poutrelles, nervures et poteaux
- ✓ Structure bidimensionnelles : ou à murs croisés ; les cloisons sont des éléments porteurs

##### **4.4.3. Structures tridimensionnelles à empilage**

L'emploi des éléments volumiques peut être limité à la réalisation des blocs sanitaires ou des blocs gains autour desquels sont montés des structures en panneaux.

#### **4.5. Différents types d'installation de préfabrication**

##### **4.5.1. Atelier précaire**

Il s'agit d'un atelier de préfabrication destiné à disparaître après l'achèvement de l'ouvrage pour lequel il est installé.

Des produits préfabriqués de forme simple sont généralement spécifiques au bâtiment à construire.

La préfabrication se fait généralement en bois et destinée à être détruite à la fin de la préfabrication.

Le travail est effectué la plupart du temps à l'air libre. Le stockage se fait directement dans la zone de service des grues de montage de telle manière que celles-ci puissent assurer à la fois la manœuvre de la préfabrication et la pose in situ.



Figure 4.1. Atelier précaire à l'air libre au pied de l'ouvrage à édifier.



Figure 4.2. Emplacement des grues.

#### 4.5.2. Atelier forain

Les moules utilisés dans un tel atelier seront réemployés ultérieurement sur un autre site, la distance entre les deux emplacements étant telle qu'il est plus économique de déplacer les moules que de transporter les éléments préfabriqués.

On bétonne dans les moules généralement métalliques conçus pour être rapidement déplacés et chauffés à la vapeur d'eau chaude.

L'amélioration des conditions de travail consiste à installer des hangars mobiles légers permettant de mettre le personnel à l'abri des intempéries au moment de la fabrication et de protéger les éléments en cours de durcissement de la pluie et de la température excessive.

Les hangars peuvent être mobiles sur des galets pour permettre la manutention et le déplacement des éléments préfabriqués par les grues.



**Figure 4.3.** Atelier forain.

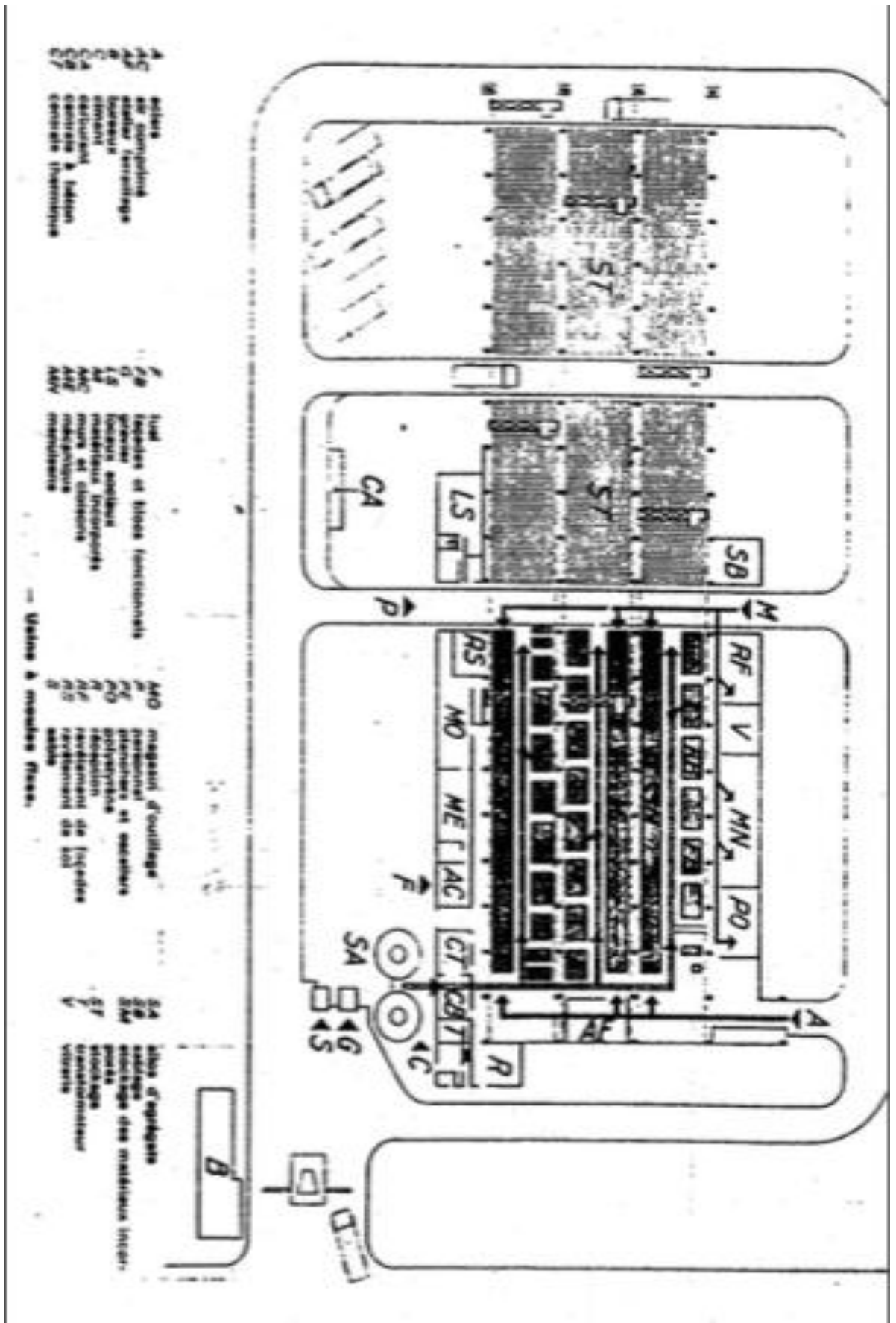
#### **4.5.3. Usine fixe**

Une usine de préfabrication est destinée à fonctionner pendant une longue durée pour limiter plusieurs chantiers situés dans un rayon maximal variant de 100 à 150 km.

La rentabilité, la qualité du produit, la vitesse de réalisation sont en fonction de la gestion de production de l'usine et de bonne organisation de la chaîne de travail.



**Figure 4.4.** usine de préfabrication





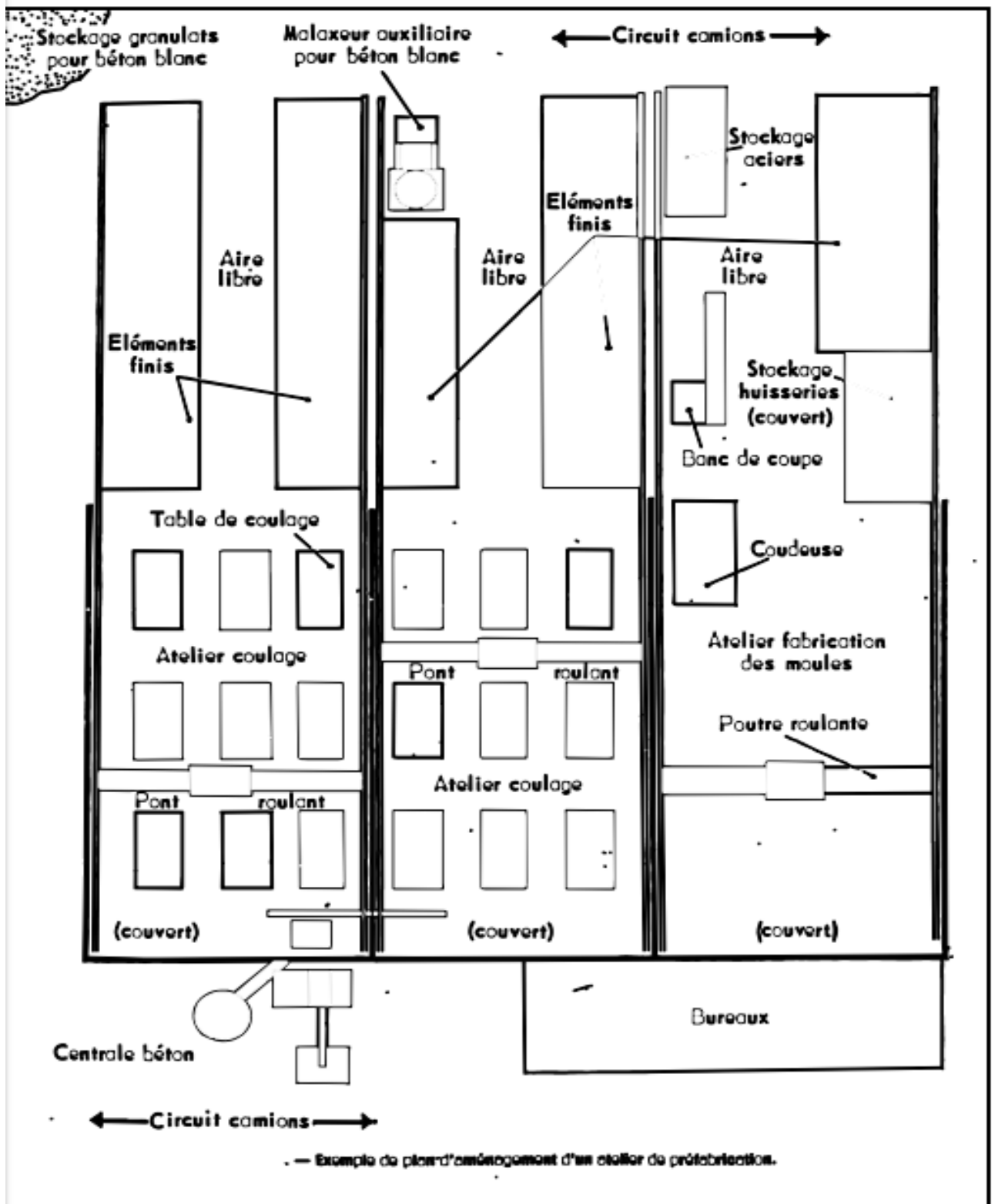


Figure 4.6. Exemple d'aménagement d'un atelier de préfabrication.

## 4.6. Choix de la préfabrication

En organisant un transfert de production du chantier à l'atelier ou à l'usine, elle garantit ainsi l'efficacité qualitative (qualités physiques et d'aspect) et économique (économie de temps, de main-d'œuvre, de matériaux et d'énergie) de l'objet préfabriqué qui, bien que parfois réalisé avec des moyens modestes (banches etc.), est généralement plus élaboré et performant.

Une solution passe par la production en usine dans des conditions optimales de « grands éléments complexes », c'est-à-dire réunissant dès l'amont du processus de fabrication l'ensemble des corps d'état principaux et secondaires intervenant habituellement sur le chantier.

Le choix de l'emploi de la préfabrication est guidé par une comparaison essentiellement économique avec la construction sur place. Une analyse comparative doit être faite pour engager ce choix en intégrant au moins les éléments suivant :

### 4.6.1. Cout

- Amortissement de l'outil de production ;
- Coût de l'acheminement des matières premières ;
- Rendement de la main d'œuvre de fabrication et d'assemblage ;
- Coût des éléments ou pièces d'assemblage ;
- Coût du transport des éléments préfabriqués ;
- Surface ou hangar de préfabrication et zone de stockage ainsi que le conditionnement.

### 4.6.2. Délai

- Gain lié à la possibilité de préparer les éléments en amont et de les assembler par la suite ;
- Temps d'assemblage des éléments préfabriqués ;
- Possibilité de s'affranchir des aléas climatiques (préfabrication en hangars).

### 4.6.3. Qualité

- Précision dans la construction des éléments préfabriqués (qualité géométrique) ;
- Pérennité de l'élément préfabriqué (qualité de fabrication) ;
- Qualité de l'élément d'assemblage.



#### 4.6.4. Sécurité

- Réduction du temps d'exposition des ouvriers aux conditions dangereuses ;
- Faisabilité de l'assemblage (parfois trop acrobatique).

#### 4.6.5. Environnement

- Consommation de carburants ;
- Pertes, chutes de matières premières.

#### 4.7. Les éléments préfabriqués

Les éléments préfabriqués en usine regroupent les constructions de tailles importantes et / ou particulièrement lourdes :

- Les escaliers ;
- Les poteaux ;
- Les poutrelles en béton ;
- Les panneaux de façades préalablement isolés ;
- Les planchers béton ;
- Les cloisons avec intégration des canalisations et gaines.

D'autres éléments, plus petits et moins lourds, sont préfabriqués en usine tels que les conduits de cheminée, les ventilations.

#### 4.8. Méthode de fabrication

##### 4.8.1. Traitement des faces des panneaux

Pour éviter la désagrégation du béton en fond du moule sur épaisseur deux à 3 mm on procède au lavage des surfaces des panneaux.

##### 4.8.2. Mise en place des armatures

Le ferrailage d'un panneau classique comporte :

- Un treillis soudé (pour éviter tout risque de faiblesse et de fissuration) il est prévu au moins 1 kg d'acier /mm<sup>2</sup> et d'un maille maximale 150 × 150 mm.
- Des armatures résistantes proprement dites longitudinal et transversales.

- Des armatures droit d'attente destinée à assurer la liaison avec les chaînages verticaux et horizontaux.
- Des armatures complémentaires de Couture dans les zones d'attache.

#### 4.8.3. Béton mise en œuvre

On utilise du ciment de classe 45 et d'un béton dosé à  $400 \text{ kg/m}^3$  on recherche aussi à utiliser une granulométrie approprié (dosage requis est bonne adaptation et bonne adhérence aux autres matériaux) un rapport E/C satisfaisant.

#### 4.8.4. Traitement du béton

Pour obtenir un démoulage rapide du panneau sans fissuration le béton vibrés a L'aiguille dont toutes les zones délicates pour le durcissement du panneau il peut se faire.

- Naturellement avec un ciment CPA 45 dosé à  $350 \text{ kg/m}^3$  il faut attendre 24 à 48h avec une température de  $15$  à  $20^\circ \text{ c}$  pour durcir l'éléments préfabriqués ce qui implique une immobilisation longue du moule.
- accéléré le béton et mis en place dans des moules chauffant le cycle de l'échauffement comprend trois phases.
- Montée de la température.
- maintien un palier.
- descente à la température ambiante.

Les moules sont équipés de bâche étanche qui assurent l'évaporation de l'eau de gâchage les températures de durcissement sont :

- ✓  $80^\circ$  avec palier de trois à 4h.
- ✓  $40$  degrés avec palier de 10 à 12h.

#### 4.8.5. Finition et stockage des éléments

à leur sortie du moule les pièces subissons un contrôle de réception marqués sur une des faces les panneaux de façade et refonds sont stockes en position debout sur des chevalets.

#### 4.9. Opération des fabrication des panneaux

- Nettoyage et préparation des moules
- Application de huile de coffrage dans le but de faciliter l'enlèvement des panneaux sans risque de collage ou des agrégations.
- Mise en place des armatures du panneau.

- mise en place de l'isolant éventuel.
- mise en place des menuiseries et conduit électrique incorporés.
- coulage de béton serrage.
- dressage des surfaces du panneau.
- Démontage des faces latérales et supérieur du moule.
- basculement de la table.
- Finitions réception et stockage de l'élément.

#### **4.10. Installation des éléments préfabriqués sur le chantier**

Recourir à différents dispositifs de levage appropriés afin de maintenir la pièce en équilibre (anneau de levage, pièce articulée à un câble par exemple).

Toute fois, très souvent, les différents systèmes de levage sont pris en compte dans le processus de préfabrication.

Aujourd'hui, une nouvelle génération de préfabrication voit le jour : les pré-murs. Les pré-murs reposent sur un système de deux parois assemblées avec un vide intérieur pour le remplissage sur chantier. Ce système constructif offre de multiples avantages : les délais de chantier sont raccourcis avec une pose pouvant aller jusqu'à 250 m<sup>2</sup> /jour, l'emprise du chantier est également moindre puisque le besoin en matériels lourds est limité.

De plus, ce système permet la mise en place d'une sécurité renforcée grâce une intervention humaine réduite.

#### **4.11. Montage des panneaux sur le chantier**

##### **4.11.1. Tolérances**

- Tolérance de fabrication est la tolérance permise au admissible durant la fabrication de l'élément préfabriqué.
- Tolérance du montage: il est prévu un jeu de 8 mm lors de montage Les constatations sur chantier ont montré que le joint prévu entre les éléments préfabriqués est généralement entre 5 et 15 mm.

##### **4.11.2. Mise en place des panneaux**

Le réglage du panneau c'est effectue comme suit

- Règle en Plans : on trace les anthrax des panneaux avec réparation de tolérance (réglage de la dimension horizontale).
- Réglage du niveau : on met en place deux cales en bois pour chaque panneau pour le réglage des deux appuis du panneau (ajustement de la dimension verticale).
- Alignement du panneau sur la façade : il s'obtient en manouvrant les états métalliques de réglage inférieur.

## **4.12. Coffrage métallique**

L'utilisation des coffrage métallique et considère actuellement comme une technique privilégiée pour la réalisation de nombreux ouvrages.

### **4.12.1. Les avantages du coffrage métallique**

#### **➤ Niveau technique**

- Une meilleure productivité que celle des techniques dites traditionnelles (poutre, poteau, poteau à corps creux).
- Un meilleur ordonnancement de la production sur le chantier.
- Des délais de réalisation plus courts.
- Une meilleure qualité des bétons.

#### **➤ Niveau économique**

- des investissements légers.
- Des programmes de construction pluriannuelle.
- Une réduction des coûts.

### **4.12.2. Caractéristiques du coffrage métallique**

#### **➤ Caractéristiques techniques**

- Un état de surface correspondant à celui que l'on désire obtenir avec le béton.
- Possibilité de décoffrage à la fois par sa forme, Par sa cinématique par son absence d'adhérence au béton.
- Une résistance à la poussée du béton.
- Maintien de ses caractéristiques lors de ses réemplois successifs.

### ➤ **Caractéristiques fonctionnelles**

- Possibilité du réglage de la face coffrante.
- Possibilité d'assemblage des éléments entre eux.
- Possibilité de stockage et de mise en attente dans des bonnes conditions de sécurité.
- Possibilité de fixation de réservation et d'équipement.
- La technique de coffrage métallique se subdivise en plusieurs types.
- La banche associé à la table.
- Poteau poutre couler sur place associée à la table.
- Bon associé à la prédalle.
- Tunnel demi coquille avec ou sans fond.
- Tunnel mono coquille mécanique ou hydraulique.

#### **4.12.3. La table et banche**

La table peut être fabriqué de différentes façons elle peut être tiroir suspendu sur la structure ou sur des consoles comme sur pied.

##### ➤ **Avantages**

Elle peut atteindre une productivité élevée si la rotation et les rendements sont bien cerné.

##### ➤ **Inconvénients**

Beaucoup de matériel a manutentionné ce qui implique des moyens de levage important.

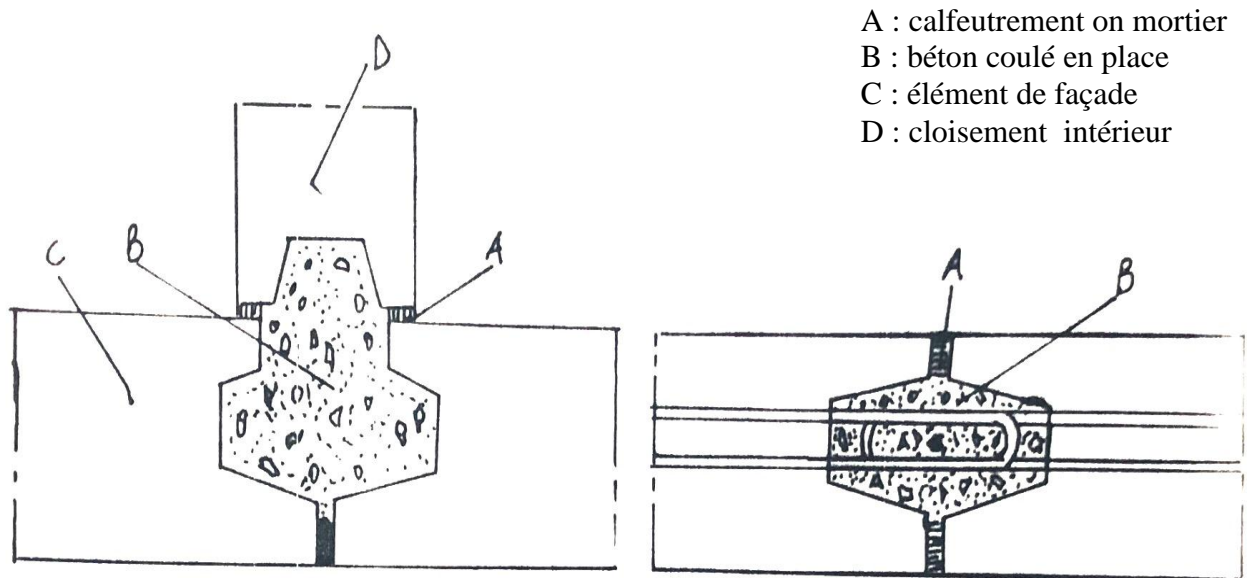
#### **4.13. Chaînage, assemblage et joints**

Dans une construction Préfabriqué la qualité et la sécurité repose en premier lieu sur les assemblage et l'efficacité des solidarisation qu'il réalise vis-à-vis des divers nature c'est les assemblages devront être examiné sont le double point de vu de la résistance mécanique aux efforts normaux et aux efforts tangents d'une part et de l'étanchéité vis-à-vis des eaux de la pluie sous des eaux de lavage d'autre part.

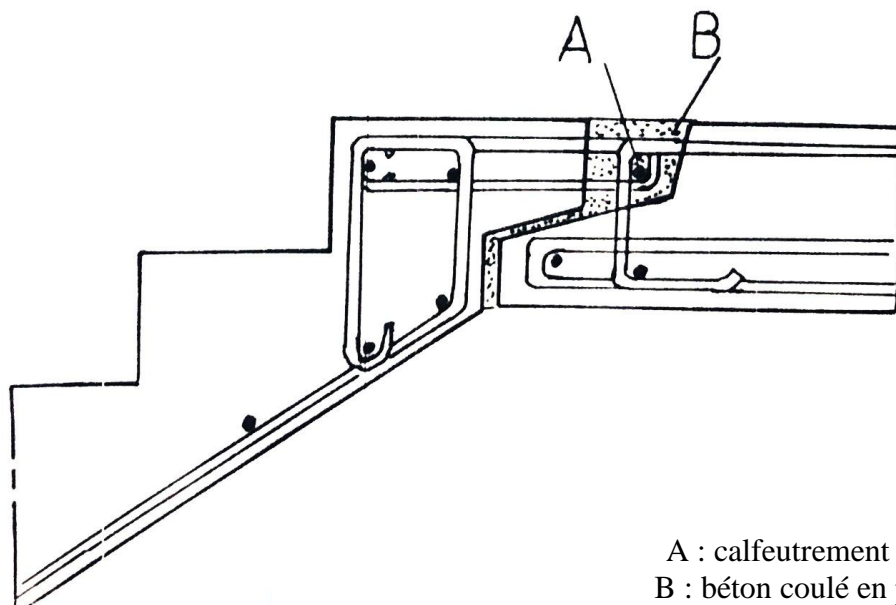
- **Chaînage des bâtiments préfabriqué** dans l'épaisseur de chaque plancher il faut établir dans deux directions perpendiculaire de chaînage dossier mécaniquement continue reliant les murs ou les façades opposées ces chaînage doivent être enrobé dans un béton coulé en place de 8 cm de largeur au minimum à fin de permettre un bétonnage efficace ils intéressent tous les panneaux verticaux.
- **La réalisation de ces chaînages** reconstitue le monolithisme de l'ouvrage et lui permet de résister facilement aux efforts par les déformations d'origines thermique ou hygrométriques.

▪ **Différents types de joint d'assemblage**

- 1- mur/mur.
- 2- Façade/façade.
- 3- plancher façade.



**Figure 4.7.** Assemblage mur/mur.



**Figure 4.8.** Assemblage volée/palier.

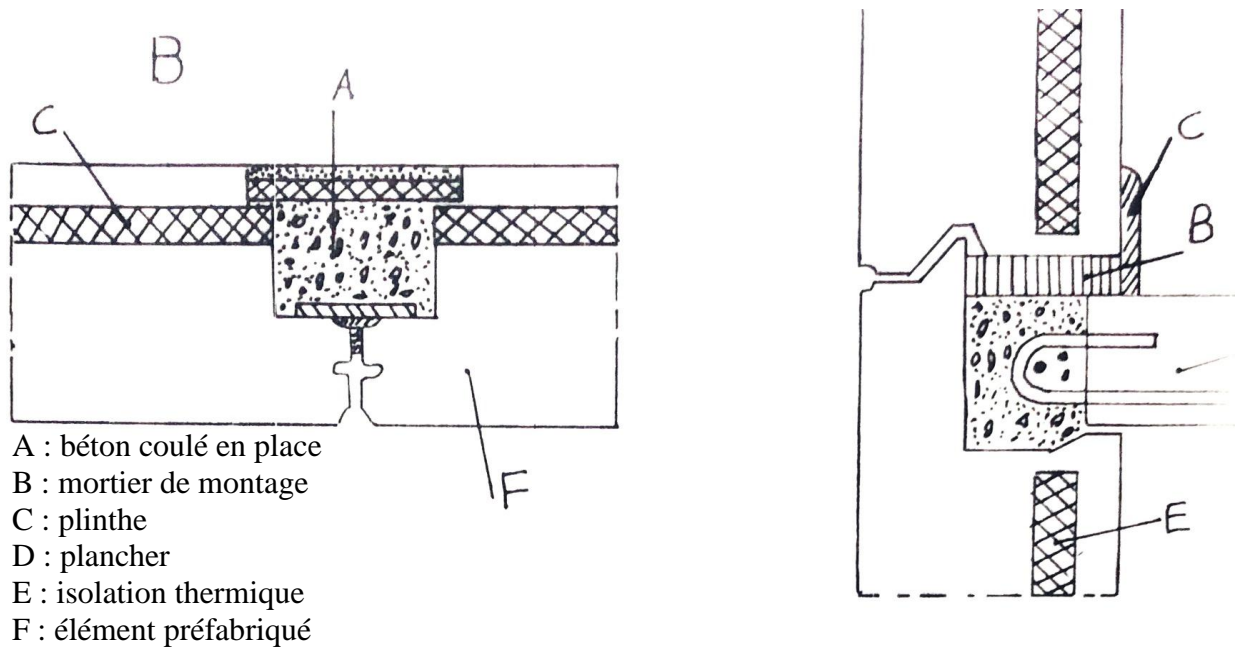
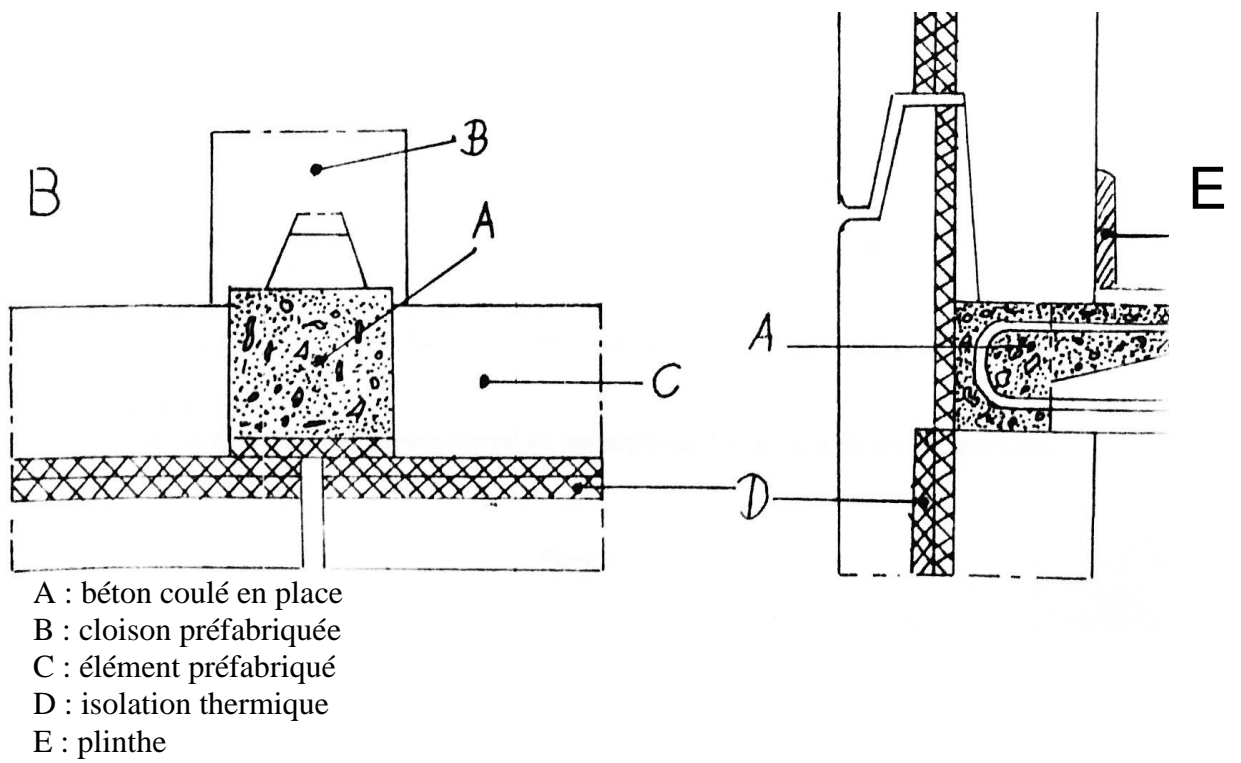


Figure 4.9. Assemblage plancher/façade.



**Figure 4.10.** Assemblage façade/façade.

#### **4.14. Avantages et inconvénients de la préfabrication**

##### **4.14.1. Avantage de la préfabrication**

- Économie du bois.
- Économie de ciment de granulats et d'acier.
- Économie de la main-d'œuvre (ferrailleur coffreurs).
- Économie de transport.
- Conditions atmosphériques sans importance.
- Compactage de béton par vibration et mise en place précise des armatures.
- Retrait son importance dans la construction.
- Gain de temps de l'exécution.
- Possibilité de mise en service immédiat dans la construction.
- Emploi des de matériaux très réduit sur le chantier.
- Utilisation commande de la précontrainte.
- Suppression en diminution des jours dans la construction.

##### **4.14.2. Inconvénients de la préfabrication**

- Utilisation incomplète des propriétés du béton.
- Mise en œuvre assez coûteuse.
- Travail d'étude et préparation très important.
- Poids-lourds.



# Chapitre 05

## CALCUL DES ELEMENTS PREFABRIQUES

---

### 5.1. Introduction

#### 5.1.1. Ferrailage des voiles

Un voile de section rectangulaire est un élément de contreventement, encastré en pied dans ses fondations et soumis à des charges réparties ou concentrées au niveau de chaque plancher.

Donc le voile est sollicité par : Moment fléchissant et effort tranchant provoqués par l'action du séisme.

Effort normal du à la combinaison des charges permanentes, d'exploitations ainsi que la charge sismique.

Ce qui implique que les voiles seront calculés en flexion composée et au cisaillement. Ce qui nécessitera une disposition du ferrailage suivant :

- Sur le plan vertical (aciers verticaux)
- Sur le plan horizontal (aciers horizontaux)

#### 5.1.2. Prescriptions pour le ferrailage des voiles

Le ferrailage des voiles s'effectuera selon le règlement BAEL91 et les vérifications selon le règlement parasismique Algérien RPA 99/version 2003.

#### 5.1.3. Etude sismique

Vu que l'activité sismique peut se produire à tout moment, provoquant d'importants dégâts humains et matériels. Les structures doivent être conçues et construites de manière adéquate afin de résister à ses secousses sismiques, toute en respectant les recommandations des règlements parasismiques. Le but de ce chapitre est de définir un modèle de structure qui vérifie toutes les conditions et critères de sécurité imposés par les règles parasismiques algériennes RPA99/version 2003.

## 5.2. Choix de la méthode de calcul (art 4 .1.RPA 99/2003 P33)

L'étude sismique à pour but de calculer les forces sismiques ; calcul peut être mené par les trois méthodes qui sont :

- la méthode statique équivalente.
- la méthode d'analyse modale spectrale.
- la méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes.

### 5.2.1. La méthode statique équivalente

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

#### Conditions d'application de la méthode statique équivalente :

Le bâtiment ou bloc étudié, satisfaisait aux conditions de régularité en plan et en élévation prescrites au chapitre III, paragraphe 3.5 avec une hauteur au plus égale à 65m en zones I et II et à 30m en zones III.

Le bâtiment ou bloc étudié présente une configuration irrégulière tout en respectant, outre les conditions de hauteur énoncées en 1, les conditions complémentaires suivantes :

#### Zone I :

- ✓ Tous les groupes

#### Zone IIa :

- ✓ Groupe d'usage 3.
- ✓ Groupes d'usage 2, si la hauteur est inférieure ou égale à 7 niveaux ou 23 m.
- ✓ Groupe d'usage 1B, si la hauteur est inférieure ou égale à 5 niveaux ou 17m.
- ✓ Groupe d'usage 1A, si la hauteur est inférieure ou égale à 3 niveaux ou 10m.

#### Zone IIb et III :

- ✓ Groupes d'usage 3 et 2, si hauteur est inférieure ou égale à 5 niveaux ou 17m.
- ✓ Groupe d'usage 1B, si la hauteur est inférieure ou égale à 3 niveaux ou 10m.

- ✓ Groupe d'usage 1A, si la hauteur est inférieure ou égale à 2 niveaux ou 08m.
  - Dans cette étude, notre bâtiment est situé en zone II<sub>a</sub> groupe d'usage 2 et de hauteur h=15,75 inférieure à 65 m .....La condition est vérifiée.
  - Régularité en plan est vérifiée. (art 3.5.1.a RPA99/2003 ; P30).
  - Régularité en élévation est vérifiée (art 3.5.1.b RPA99/2003 ; P31).

Il n'y a aucun décrochement en élévation dans le bâtiment donc classée régulière en élévation.

### 5.2.1.1. Calcul la force sismique (art 4.2.3 RPA99/2003 ; P34)

Dans cette méthode, l'intensité effective de l'action sismique est donnée sous la forme d'effort tranchant maximum à la base de la structure.

$$V = \frac{A \times D \times Q}{R} \times W$$

A : coefficient d'accélération de la zone.

D : facteur d'amplification dynamique moyen.

Q: facteur de qualité R: coefficient de comportement global de la structure.

W: poids total de la structure.

#### ✓ Coefficient d'accélération de la zone

Le Coefficient d'accélération en zone II<sub>a</sub> est donné par le tableau (4.1) de RPA99/Version 2003 suivant la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment.

Pour un groupe d'usage 2 en zone II<sub>a</sub> on a : A = 0,15

#### ✓ Facteur d'amplification dynamique moyen

$$D = \begin{cases} 2,5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3,0s \\ 2,5\eta \left(\frac{T_2}{3,0}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{3,0}{T}\right)^{\frac{5}{3}} & T > 3,05s \end{cases}$$

$\eta$  : Facteur de correction d'amortissement donné par la formule :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}} \geq 0,7$$

$\xi$  : Pourcentage d'amortissement critique :

$\xi = 10\% \rightarrow$  contreventement mixte (voile – portique)

Donc:  $\eta = \sqrt{\frac{7}{2+10\%}} = 0,764 \geq 0,7$

$T_2$ : Période caractéristique, associée à la catégorie du site et donnée par le tableau [4.7].

Site	$T_1$	$T_2$
S <sub>3</sub>	0.15	0.50

**Tableau 5.1.** Valeur de T1 et T2.

T : la période fondamentale de la structure  $T = C_T h_N^{\frac{3}{4}}$

$h_N$ : Hauteur mesurée en mètre à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau

$h_N = 15,75\text{m}$

$C_T$ : Coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage et donné par le tableau [4.6] pour les contreventements assurés partiellement ou totalement par des voiles en béton armé  $\rightarrow C_T = 0,05$ .

Donc :  $T = 0,05 \times 15,75^{\frac{3}{4}} = 0,395\text{s}$

$D = 2,5\eta = 2,5 \times 0,764 \Rightarrow D = 1,91$

#### ✓ Facteur de qualité

La valeur de Q est déterminée par la formule :  $Q = 1 + \sum P_q$

$P_q$ : est la pénalité à retenir selon que le critère de qualité « q » est satisfaite ou non.

Sa valeur est donnée suivant le RPA dans le tableau [4.4].

	$P_q$
Critère q	Valeur
1. Condition minimale sur les files de contreventement	0,05
2. Redondance en plan	0
3. Régularité en plan	0
4. Régularité en élévation	0
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0,1

**Tableau 5.2.** Valeur de  $P_q$ .

$$Q = 1 + \sum_1^5 P_q$$

Donc :  $Q_X = 1.15$

✓ **Coefficient de comportement global de la structure**

Pour une structure en béton armé à voiles porteurs. On a :  $R = 3,5$

W : poids total de la structure égale à la somme des poids calculés à chaque niveau (i).

$$W = \sum_{i=1, 2, 3, \dots, n} \beta_i$$

$W_{Gi}$ : Poids dû aux charges permanentes.

$\beta$  : coefficient de pondération qui dépend de la nature et de la durée de la charge d'exploitation et donné par le tableau [4.5]

Dons notre cas  $\beta=0.2$

$$W = 10895.57 + 1477.41 \times 0.2 = 11191.05 \text{ KN}$$

Donc :

**La force sismique sans X :**

$$V_X = \frac{0,15 \times 1,91 \times 1,15}{3,5} \times 11191.05 \Rightarrow V_X = 1053,48 \text{ KN}$$

**La force sismique sans Y:**

$$V_Y = \frac{0,15 \times 1,91 \times 1,15}{3,5} \times 11191.05 \Rightarrow V_Y = 1053,48 \text{ KN}$$

**5.2.2. Méthode d'analyse modale spectrale :(art 4.3 RPA99/2003 ; P44)****5.2.2.1. Introduction**

L'étude dynamique consiste à déterminer les caractéristiques de vibration, qui peuvent se développer dans une construction donnée, en vue de l'estimation de charge sismique de calcul la plus défavorable.

La méthode d'analyse modale spectrale peut être utilisée dans tous les cas, et en particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas permise.

Par cette méthode, il est recherché pour chaque mode de vibration, le maximum des efforts engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul. Ces efforts sont par la suite combinés pour obtenir la réponse de la structure.

**5.2.2.2. Description du logiciel ETABS**

ETABS est un logiciel de calcul conçu exclusivement pour le calcul des bâtiments. Il permet de modéliser facilement et rapidement tous types de bâtiments grâce à une interface graphique unique. Il offre de nombreuses possibilités pour l'analyse statique et dynamique.

Ce logiciel permet la prise en compte des propriétés non linéaires des matériaux, ainsi que le calcul et le dimensionnement des éléments structuraux suivant différentes réglementations en vigueur à travers le monde (Euro code, UBC, ACI...etc.). De plus de part sa spécificité pour le calcul des bâtiments, ETABS offre un avantage certain par rapport aux codes de calcul à utilisation plus étendue. En effet, grâce à ces diverses fonctions il permet une décente de charges automatique et rapide, un calcul automatique du centre de masse et de rigidité, ainsi que la prise en compte implicite d'une éventuelle excentricité accidentelle. De plus, ce logiciel utilise une terminologie propre au domaine du bâtiment (plancher, dalle, trumeau, linteau etc.).

**5.2.2.3. Modélisation**

Nous avons considéré pour notre modélisation, un modèle tridimensionnel encastré à la base, où les masses sont concentrées au niveau des centres de gravité des planchers avec trois (03) ddl (2

translations horizontales et une rotation autour de l'axe vertical).

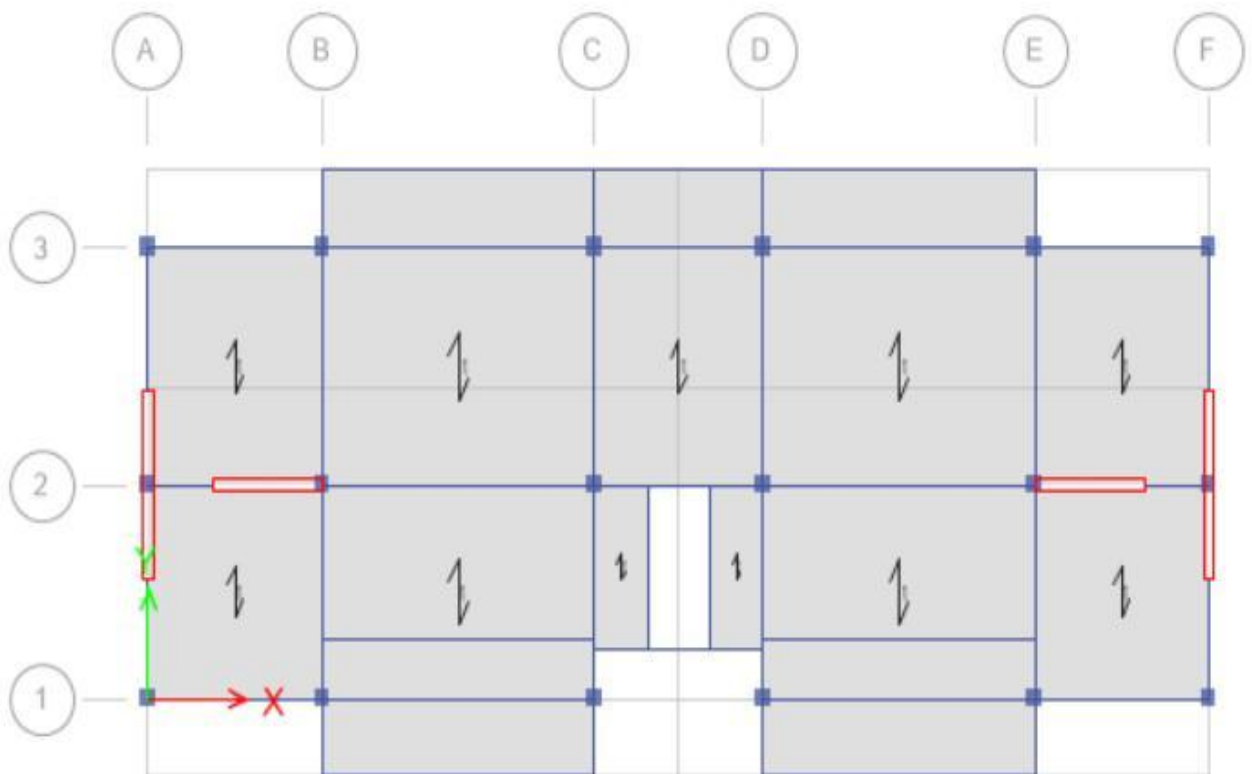
#### 5.2.2.4. Vérification de période

*Modélisation avec voiles :*

➤ **Caractéristique géométrique des Voiles**

$$V_1 : (2 \times 2,75 \times 0.2) \text{ m}^3$$

$$V_2 : (1,5 \times 2,75 \times 0.2) \text{ m}^3$$



**Figure 5.1.**Position des voiles.

Après l'analyser par ETABS, en obtint les résultats présentés dans le **tableau 5.3**

Modes propres, Périodes propres et Masses effectives						
Modes	Périodes (S)	Masses effectives				
		U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	θ <sub>z</sub>	Σ U <sub>x</sub>	Σ U <sub>y</sub>
1	0.46	73.84	0.04	0.08	73.84	0.04
2	0.45	0.04	70.92	0.00	73.88	70.96
3	0.34	0.09	0.00	70.82	73.96	70.96
4	0.13	15.96	0.00	0.00	89.92	70.96
5	0.11	0.00	18.78	0.00	89.92	89.75
6	0.08	0.01	0.00	18.94	89.93	89.75
7	0.06	6.43	0.00	0.00	96.36	89.75
8	0.05	0.00	6.89	0.00	96.36	96.63

**Tableau 5.3.** Résultat de l'analyse dynamique par le logiciel ETABS.

1°/ Ce modèle présente une période fondamentale  $T = 0,46$  s.

2°/ 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> modes sont des modes de translation.

3°/ Le 3<sup>ème</sup> mode est un mode de rotation.

### Interprétation

La période fondamentale  $T=0,46$  s est inférieure à celle calculée par les Formules empiriques données par le RPA99 (formules 4-6 de l'article 4-2-4).

$$T(\text{RPA}) = T = C_T \times h_N^{3/4} = 0,395\text{s.}$$

$$T = 0,46\text{s} < 1,30 \times 0,395 = \mathbf{0,51 \text{ condition vérifier.}}$$

### 5.2.3. Vérification des résultats vis-à-vis du RPA99/Version 2003

#### 5.2.3.1. Vérification de la résultante des forces sismiques

En se référant à ce que stipule l'article 4-3-6 du RPA99/version2003, la résultante des forces sismiques à la base  $V_{dy}$ , obtenue par combinaison des valeurs modales, ne doit pas être inférieure à 80% de la résultante des forces sismiques déterminée par la méthode statique équivalente  $V$ .



L'effort tranchant obtenu par ETABS 9 est :  $V_x = 986.43\text{KN}$   $V_y = 967.87\text{KN}$

	<b>V (KN)</b>	<b>0,8 V (KN)</b>	<b>V<sub>dy</sub> (KN)</b>	<b>V<sub>dy</sub> &gt;0,8V</b>
<b>Sens X-X</b>	<b>1053,48</b>	842,784	986.43	Vérifiée
<b>Sens Y-Y</b>	<b>1053,48</b>	842,784	967.87	Vérifiée

**Tableau 5.4.** Vérification de la résultante des force.

### 5.2.3.2. Vérification des déplacements

Selon le RPA99 (Art 5.10), les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser 1.0% de la hauteur de l'étage.

Le déplacement relatif au niveau "k" par rapport au niveau "k-1" est égale à :

$$\Delta K = \delta_K - \delta_{K-1}$$

Avec:  $\delta_K = R - \delta_{ek}$

$\delta_K$ : Déplacement horizontal à chaque niveau "k" de la structure donné par le RPA (Art4.43)

$\delta_{ek}$ : Déplacement dû aux forces sismiques  $F_i$  (y compris l'effet de torsion)

R : coefficient de comportement (R=3,5).

Tous les résultats sont regroupés dans les tableaux suivants :

<b>Etages</b>	<b><math>\delta_K</math>[cm]</b>	<b><math>\delta_{K-1}</math>[cm]</b>	<b><math>\Delta K</math></b>	<b>1,0%(h<sub>K</sub>) [cm]</b>	<b>Observation</b>
<b>RDC</b>	0.3	0,0	0.3	3,15	Vérifiée
<b>ETAGE 1</b>	0.9	0.3	0,6	3,15	Vérifiée
<b>ETAGE 2</b>	1.9	0.9	1.0	3,15	Vérifiée
<b>ETAGE 3</b>	2.7	1.9	0,8	3,15	Vérifiée
<b>ETAGE 4</b>	3.4	2.7	0,7	3,15	Vérifiée

**Tableau 5.5.** Vérification des déplacements(sens X-X).

Etages	UY ( $\delta_K$ ) [cm]	Dr ( $\Delta K$ )UY [cm]	1,0%(h <sub>K</sub> ) [cm]	Observation
<b>RDC</b>	0.2	0,2	3,15	<b>Vérifiée</b>
<b>ETAGE 1</b>	0.8	0,6	3,15	<b>Vérifiée</b>
<b>ETAGE 2</b>	1.7	0,9	3,15	<b>Vérifiée</b>
<b>ETAGE 3</b>	2.5	0,8	3,15	<b>Vérifiée</b>
<b>ETAGE 4</b>	3.3	0,8	3,15	<b>Vérifiée</b>

**Tableau 5.6.** Vérification des déplacements (sens Y-Y).

### 5.3. Ferrailage des voiles

#### 5.3.1. Stabilité des constructions vis-à-vis les charges latérales

Du point de vue de la stabilité sous charges horizontales (vent, séisme), on distingue différents types des structures en béton armé :

- Structures auto stables.

- Structure contreventée par voiles. Dans notre projet, la structure est contreventée par des voiles et portiques, dont le but est d'assurer la stabilité (et la rigidité) de l'ouvrage vis à vis des charges horizontales.

#### 5.3.2. Rôle de contreventement

Le contreventement a donc principalement pour objet :

- Assurer la stabilité des constructions non auto stable vis à vis des charges horizontales et de les transmettre jusqu'au sol.
- De raidir les constructions, car les déformations excessives de la structure sont source de dommages aux éléments non structuraux et à l'équipement.

#### 5.3.3. Ferrailage des voiles

Les voiles seront calculés en flexion composée sous l'effet des sollicitations qui les engendrent, le moment fléchissant et l'effort normal sont déterminés selon les combinaisons comprenant la charge permanente, d'exploitation ainsi que les charges sismiques.

### 5.3.3.1. Combinaison

Selon le règlement parasismique Algérienne (RPA 99) les combinaisons à considérer dans notre cas (voiles) sont les suivants :

- ✓  $G + Q \pm E$
- ✓  $0.8G \pm E$

### 5.3.3.2. Prescriptions imposées par RPA99

#### a. Aciers verticaux

Le ferrailage vertical sera disposé de telle sorte qu'il puisse reprendre les contraintes induites par la flexion composée, en tenant compte des prescriptions composées par le **RPA 99** et décrites ci-dessous :

- L'effort de traction engendré dans une partie du voile doit être repris en totalité par les armatures dont le pourcentage minimal est de 0.20%, de section horizontale du béton tendu.
- Les barres verticales des zones extrêmes devraient être ligaturées avec des cadres horizontaux dont l'espacement ne doit pas être supérieur à l'épaisseur des voiles.
- A chaque extrémité de voile, l'espacement des barres doit être réduit du dixième de la longueur de voile ( $L/10$ ), cet espacement doit être inférieur ou égal à 15 cm ( $s_t \leq 15\text{cm}$ ).
- Si des efforts importants de compression agissent sur l'extrémité, les barres verticales doivent respecter les conditions imposées aux poteaux. Les barres du dernier niveau doivent être munies de crochets à la partie supérieure. Toutes les autres barres n'ont pas de crochets (jonction par recouvrement).

#### b. Aciers horizontaux

Comme dans le cas des aciers verticaux, les aciers horizontaux doivent respecter certaines prescriptions présentées ci après :

Les armatures horizontales parallèles aux faces du mur doivent être disposées sur chacune des faces entre les armatures verticales et la paroi du coffrage et doivent être munie de crochets à ( $135^\circ$ ) ayant une longueur de  $10\Phi$ .

#### c. Règles générales

- Le long des joints de reprise de collage, l'effort tranchant doit être pris par la section des aciers

de couture doit être calculée par la formule suivante :

$$A_{vj} = 1.1 \frac{\bar{V}}{f_e}$$

Cette quantité doit s'ajouter à la section tendue nécessaire pour équilibrer les efforts de traction dus aux moments de renversement.

- Les armateurs transversaux doivent respectes les disposition suivantes :
- L'espacement des barres verticales et horizontales doit être inférieur à la plus petite valeur de deux valeurs suivantes.

$$\begin{aligned} S &\leq 1.5. e \\ S &\leq 30 \text{ cm} \end{aligned} \quad \text{Article 7.7.4.3 RPA}$$

*e* : épaisseur de voile

- Les deux nappes d'armatures doivent être reliées avec au moins quatre épingles au mètre carrée. Dans chaque nappe, les barres horizontales doivent être disposées vers l'extérieure.
- Le diamètre des barres verticales et horizontales des voiles (à l'exception des zones d'about) ne devrait pas dépasser 1/10 de la l'épaisseur du voile.
- Le pourcentage minimal des armatures verticales et horizontales est :
  - ✓  $A_{min} = 0,15\%$  section globale du voile.
  - ✓  $A_{min} = 0,1\%$  zone courante.
- Les longueur de recouvrement doivent être égales à :
  - ✓ **40Φ** pour les barres situées dans les zones ou le renversement du signe des efforts sont possibles.
  - ✓ **20Φ** pour les barres situées dans les zones comprimées sous l'action de toutes les combinaisons des charges possibles.

### 5.3.3.3. Calcul des sollicitations

voile	V1	V2
L(m)	2	1,5
E(m)	0,2	0,2
N(KN)	105.37	881.6
M(KN.m)	253.462	131.608
T(KN)	159.22	41.56

Tableau 5.7. Sollicitation des voiles.

### 5.3.3.4. Calcul de ferrailage et des vérifications (pour V1)

On va faire un exemple de calcul bien détaillé du ferrailage d'un seul voile V1 (L=2 m) pour différentes sollicitations.

$$\begin{cases} \sigma_{max} = \frac{N}{B} + \frac{M}{I}v \\ \sigma_{min} = \frac{N}{B} - \frac{M}{I}v \end{cases}$$

$$\text{Avec } \begin{cases} v = v = \frac{L}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ m} \\ I = \frac{b \times L^3}{12} = \frac{0,2 \times 2^3}{12} = 0,1333 \text{ m}^4 \\ B = b \times h = 0,2 \times 2 = 0,4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_{max} = \left( \frac{105,37}{0,4} + \frac{253,462}{0,1333} \times 1 \right) \times 10^{-3} = 2,16 \text{ Mpa} & \text{compression} \\ \sigma_{min} = \left( \frac{105,37}{0,4} - \frac{253,462}{0,1333} \times 1 \right) \times 10^{-3} = 1,87 \text{ Mpa} & \text{traction} \end{cases}$$

Donc, la section est partiellement comprimée.

#### ✓ Diagramme des contraintes:

En utilisant les triangles semblables pour la détermination de longueur de compression:

$$\text{ou : } \begin{cases} L_c = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{max} + \sigma_{min}} L = \frac{1,73}{1,73 + 1,28} \times 2 = 1,07 \text{ m} \\ L_t = L - L_c = 2 - 1,07 = 0,93 \text{ m} \end{cases}$$

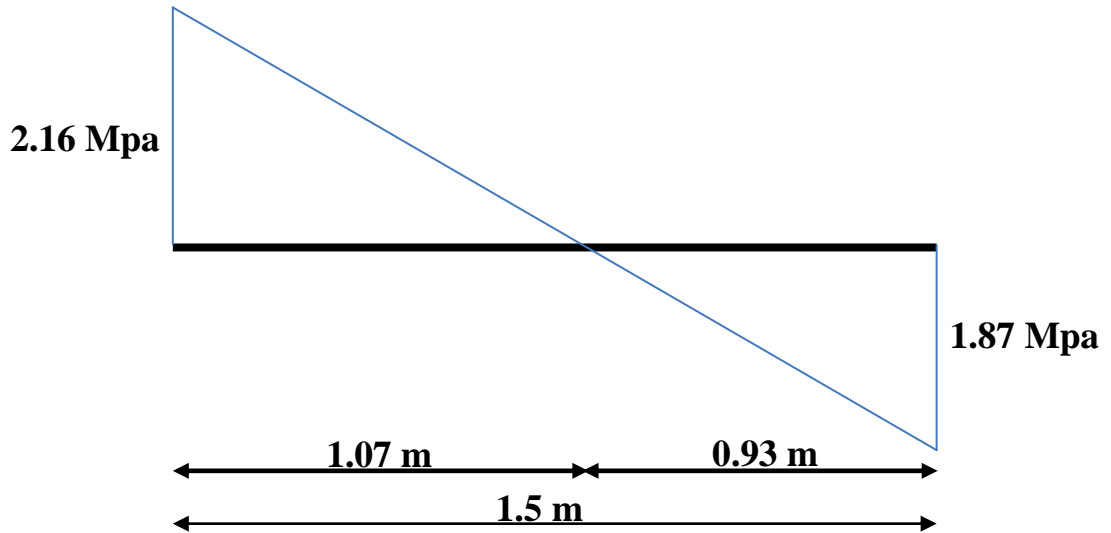


Figure 5.2. Diagramme contrainte.

➤ **Aciers verticaux**

$$T = \frac{\sigma_{min} \times b_0}{2} \times L_t = \frac{1.87 \times 0.2}{2} \times 0.93 = 0.17 \text{ MN}$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{T}{\frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{0.17 \times 10^4}{\frac{400}{1.15}} = 4.89 \text{ cm}^2$$

Selon le RPA99V2003 :

$$A_{min}^{RPA} = 0.20\%B = 0.20\%bL_t = \frac{0.20 \times 20 \times 31}{100} = 1.24 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3.35 \text{ cm}^2 > A_{min}^{RPA} = 1.24 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donc } \Rightarrow A'_s = \frac{A_s \times L}{L_t} = \frac{4.89 \times 2}{0.93} = 10.51 \text{ cm}^2$$

➤ **Acier de couture**

$$A_{vj} = 1.1 \frac{\bar{V}}{f_e} = 1.1 \times \frac{1.4 \times 159.22 \times 10}{400} = 6.13 \text{ cm}^2$$

Cette section d'acier s'ajoute à la section d'aciers calculée en précédent, donc la section d'acier verticale totale sera comme suite :

$$A_v = A'_s + A_{vj} = 10.51 + 6.13 = 16.64 \text{ cm}^2$$

## Ferraillage minimal

### Selon le BAEL91

$$A_s = A'_s = A_{min} = \max \left\{ \frac{bh}{1000}, 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} \right\} = 4.83 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donc } A_v = 16.64 \text{ cm}^2 > A_s^{BAEL} = 4.83 \text{ cm}^2$$

### Selon le RPA99V2003 :

Le pourcentage minimum d'armatures verticales et horizontales des trumeaux, est donné comme suite :

Globalement dans la section du voile 0.15%

$$A_{min}^{RPA} = 0.15\%B = 0.15\%bL = \frac{0.15 \times 20 \times 200}{100} = 6 \text{ cm}^2$$

En zone courante 0.10%

$$A_{min}^{RPA} = 0.10\%B = 0.10\%bL = \frac{0.10 \times 20 \times 200}{100} = 4 \text{ cm}^2$$

$$A_{sv} = \max \{ A_s^{calculé} ; A_{min}^{RPA} ; A_{min}^{BAEL} \} = 16.64 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{POUR LES 2 FACES.}$$

On adopte pour acier vertical : **As=16.64 cm<sup>2</sup>** (pour deux nappe).

L'espacement entre les barres verticales recommandé par l'RPA est limité comme suite :

$$s_t \leq \min \{ 1.5e ; 30 \text{ cm} \} = \min \{ 1.5 \times 20 ; 30 \text{ cm} \} = 30 \text{ cm}$$

**Donc**, on n'adopte :

Zone d'about : S=10cm

Zone courante : S=20cm

➤ **Acier horizontaux**

## Ferraillage minimal

Le pourcentage minimum d'armatures horizontales pour une bande de 1 m de largeur.

$$A_{min}^{RPA} = 0.15\%BI = \frac{0.15 \times 20 \times 100}{100} = 3 \text{ cm}^2 \text{ pour un seul nappe}$$

On adopte : (6HA10)  $\Rightarrow A_H = 4.71 \text{ cm}^2$  (Pour une seule nappe)

Avec un espacement :  $S = 15 \text{ cm}$ .

### ➤ Ferrailage transversal

Pour la zone d'about on adopte des cadres de **8mm** pour ligaturer les aciers de flexion, ainsi pour la zone courante du voile, on adopte des épingles de **8 mm** pour garder un écartement

Constant entre les nappes d'aciers et assurer leur stabilité lors des phases d'exécution. L'espacement des cadres transversaux sera de **15cm**, ainsi que les épingles seront réparties dans l'âme du voile avec une densité de **4** par mètre carré.

### Vérification des contraintes de cisaillement (E.L.U) :

#### Selon l'RPA99V2003 :

Suivant l'article 7.7.2, on doit vérifier que :

$$\tau_b \leq \bar{\tau}_b ?$$

$$\bar{\tau}_b = 0,2 \times f_{c28} = 0,2 \times 25 = 5 \text{ Mpa}$$

$$\tau_b = \frac{1,4 \times V}{0,9 \times h \times b} = \frac{1,4 \times 159.22 \times 10^3}{0,9 \times 2000 \times 200} = 0.62 \text{ Mpa}$$

$$\tau_b = 0.62 \leq \bar{\tau}_b = 5 \text{ Mpa} \text{ condition vérifiée}$$

Selon BAEL91

Pour les cas d'une fissuration préjudiciable, on doit vérifier la condition suivante :

$$\tau_U = \frac{V_U}{d \times b_0} \leq \min \left\{ \frac{0.15 f_{c28}}{\gamma_b}, 4 \text{ Mpa} \right\} = 2.5 \text{ Mpa}$$

$$\tau_U = \frac{V_U}{d \times b_0} = \frac{159.22 \times 10^3}{200 \times 1970} = 0.41 \text{ Mpa} < 2.5 \text{ Mpa} \text{ condition vérifiée}$$

### Longueur de recouvrement :

$L_T = 40 = 40 \times 0,8 = 32 \text{ cm}$  ; pour les barre situées dans les zones ou le renversement du signe des efforts est possible.



$L_r=20 = 20 \times 0,8 = 16$  cm pour les barre situées dans les zones comprimées.

On prend  $L_r = 32$  cm pour les zones tendues et comprimées.

### 5.3.3.5. Calcul de ferrailage et des vérifications (pour V2)

On va faire un exemple de calcul bien détaillé du ferrailage d'un seul voile V2 ( $L=1,5$  m) pour différent sollicitations.

$$\begin{cases} \sigma_{max} = \frac{N}{B} + \frac{M}{I}v \\ \sigma_{min} = \frac{N}{B} - \frac{M}{I}\dot{v} \end{cases}$$

$$\text{Avec } \begin{cases} v = \dot{v} = \frac{L}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75m \\ I = \frac{b \times L^3}{12} = \frac{0,2 \times 1,5^3}{12} = 0,056m^4 \\ B = b \times h = 0,2 \times 1,5 = 0,3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_{max} = \left( \frac{881,6}{0,3} + \frac{131,608}{0,056} \times 0,75 \right) \times 10^{-3} = 4,69Mpa & \text{compression} \\ \sigma_{min} = \left( \frac{881,6}{0,3} - \frac{131,608}{0,056} \times 0,75 \right) \times 10^{-3} = 2,34Mpa & \text{traction} \end{cases}$$

Donc, la section est partialement comprimé.

#### ✓ Diagramme des contraintes:

En utilisent les triangles semblables pour la détermination de longueur de compression:

$$\text{ou : } \begin{cases} L_c = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{max} + \sigma_{min}} L = \frac{4,69}{4,69 + 2,34} \times 1,5 = 1 m \\ L_t = L - L_c = 1,5 - 1 = 0,50 m \end{cases}$$

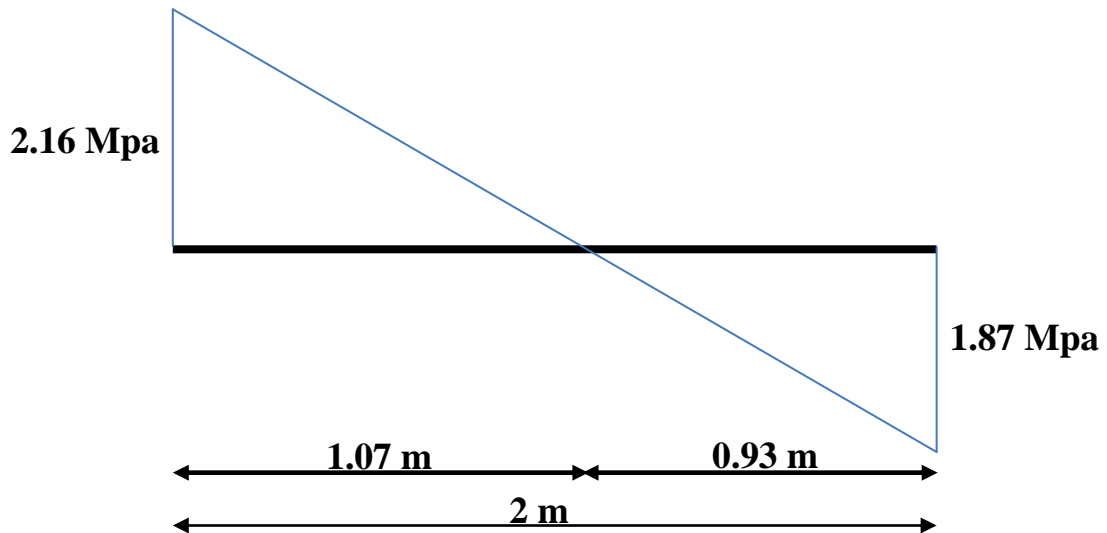


Figure 5.3. Diagramme contrainte.

➤ **Aciers verticaux**

$$T = \frac{\sigma_{min} \times b_0}{2} \times L_t = \frac{2.34 \times 0.2}{2} \times 0.50 = 0.12 \text{ MN}$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{T}{\frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{0.12 \times 10^4}{\frac{400}{1.15}} = 3.35 \text{ cm}^2$$

Selon le RPA99V2003 :

$$A_{min}^{RPA} = 0.20\%B = 0.20\%bL_t = \frac{0.20 \times 20 \times 31}{100} = 1.24 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3.35 \text{ cm}^2 > A_{min}^{RPA} = 1.24 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donc } \Rightarrow A'_s = \frac{A_s \times L}{L_t} = \frac{3.35 \times 1.5}{0.5} = 10.08 \text{ cm}^2$$

➤ **Acier de couture**

$$A_{vj} = 1.1 \frac{\bar{V}}{f_e} = 1.1 \times \frac{1.4 \times 41.56 \times 10}{400} = 1.60 \text{ cm}^2$$

Cette section d'acier s'ajoute à la section d'aciers calculée en précédent, donc la section d'acier verticale totale sera comme suite :

$$A_v = A'_s + A_{vj} = 10.08 + 1.60 = 11.68 \text{ cm}^2$$

## Ferraillage minimal

### Selon le BAEL91

$$A_s = A'_s = A_{min} = \max\left\{\frac{bh}{1000}, 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}\right\} = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donc } A_v = 11.68 \text{ cm}^2 > A_s^{BAEL} = 3.14 \text{ cm}^2$$

### Selon le RPA99V2003 :

Le pourcentage minimum d'armatures verticales et horizontales des trumeaux, est donné comme suite :

Globalement dans la section du voile 0.15%

$$A_{min}^{RPA} = 0.15\%B = 0.15\%bL = \frac{0.15 \times 20 \times 150}{100} = 4.50 \text{ cm}^2$$

En zone courante 0.10%

$$A_{min}^{RPA} = 0.10\%B = 0.10\%bL = \frac{0.10 \times 20 \times 150}{100} = 3 \text{ cm}^2$$

$$A_{sv} = \max\{A_s^{calculé}; A_{min}^{RPA}; A_{min}^{BAEL}\} = 11.68 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{POUR LES 2 FACES.}$$

On adopte pour acier vertical : **As = 12.06 cm<sup>2</sup>** ( pour deux nappe).

L'espacement entre les barres verticales recommandé par l'RPA est limité comme suite :

$$s_t \leq \min\{1.5e ; 30 \text{ cm}\} = \min\{1.5 \times 20 ; 30 \text{ cm}\} = 30 \text{ cm}$$

**Donc**, on n'adopte :

Zone d'about : S=10cm

Zone courante : S=20cm

➤ **Acier horizontaux**

## Ferraillage minimal

Le pourcentage minimum d'armatures horizontales pour une bande de 1 m de largeur.

$$A_{min}^{RPA} = 0.15\%BI = \frac{0.15 \times 20 \times 100}{100} = 3 \text{ cm}^2 \text{ pour un seul nappe}$$

On adopte : **6HA10**  $\Rightarrow A_H = 4.71 \text{ cm}^2$  (Pour une seule nappe)

Avec un espacement :  $S = 15 \text{ cm}$ .

### ➤ Ferrailage transversal

Pour la zone d'about on adopte des cadres de **8mm** pour ligaturer les aciers de flexion, ainsi pour la zone courante du voile, on adopte des épingles de **8 mm** pour garder un écartement

Constant entre les nappes d'aciers et assurer leur stabilité lors des phases d'exécution. L'espacement des cadres transversaux sera de **15cm**, ainsi que les épingles seront réparties dans l'âme du voile avec une densité de **4** par mètre carré.

### Vérification des contraintes de cisaillement (E.L.U) :

#### Selon l'RPA99V2003 :

Suivant l'article 7.7.2, on doit vérifier que :

$$\tau_b \leq \bar{\tau}_b ?$$

$$\bar{\tau}_b = 0,2 \times f_{c28} = 0,2 \times 25 = 5 \text{ Mpa}$$

$$\tau_b = \frac{1,4 \times V}{0,9 \times h \times b} = \frac{1,4 \times 41.56 \times 10^3}{0,9 \times 1500 \times 200} = 0.22 \text{ Mpa}$$

$$\tau_b = 0.22 \leq \bar{\tau}_b = 5 \text{ Mpa} \text{ condition vérifiée}$$

#### Selon BAEL91

Pour les cas d'une fissuration préjudiciable, on doit vérifier la condition suivante :

$$\tau_U = \frac{V_U}{d \times b_0} \leq \min \left\{ \frac{0.15 f_{c28}}{\gamma_b}, 4 \text{ Mpa} \right\} = 2.5 \text{ Mpa}$$

$$\tau_U = \frac{V_U}{d \times b_0} = \frac{41.56 \times 10^3}{200 \times 1470} = 0.15 \text{ Mpa} < 2.5 \text{ Mpa} \text{ condition vérifiée}$$

### Longueur de recouvrement :

$L_T = 40 = 40 \times 0,8 = 32 \text{ cm}$  ; pour les barre situées dans les zones où le renversement du signe des efforts est possible.

$L_r=20 = 20 \times 0,8 = 16$  cm pour les barre situées dans les zones comprimées.

On prend  $L_r = 32$  cm pour les zones tendues et comprimées.

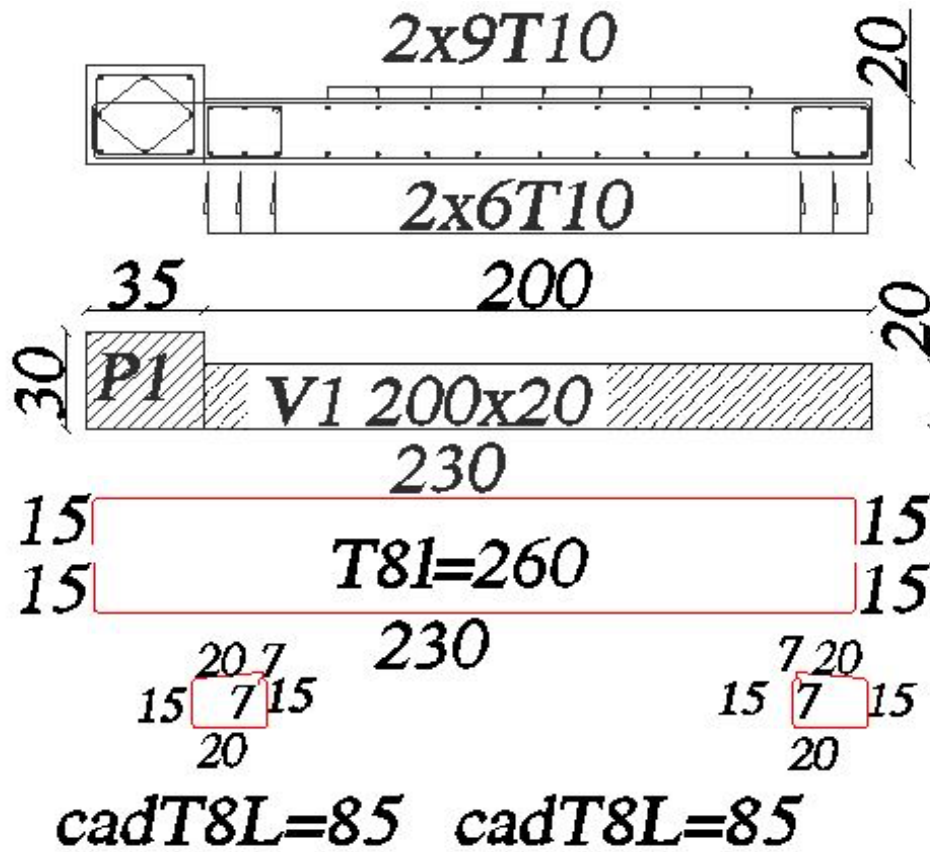


Figure 5.4. Schéma de ferrailage de voile V1.

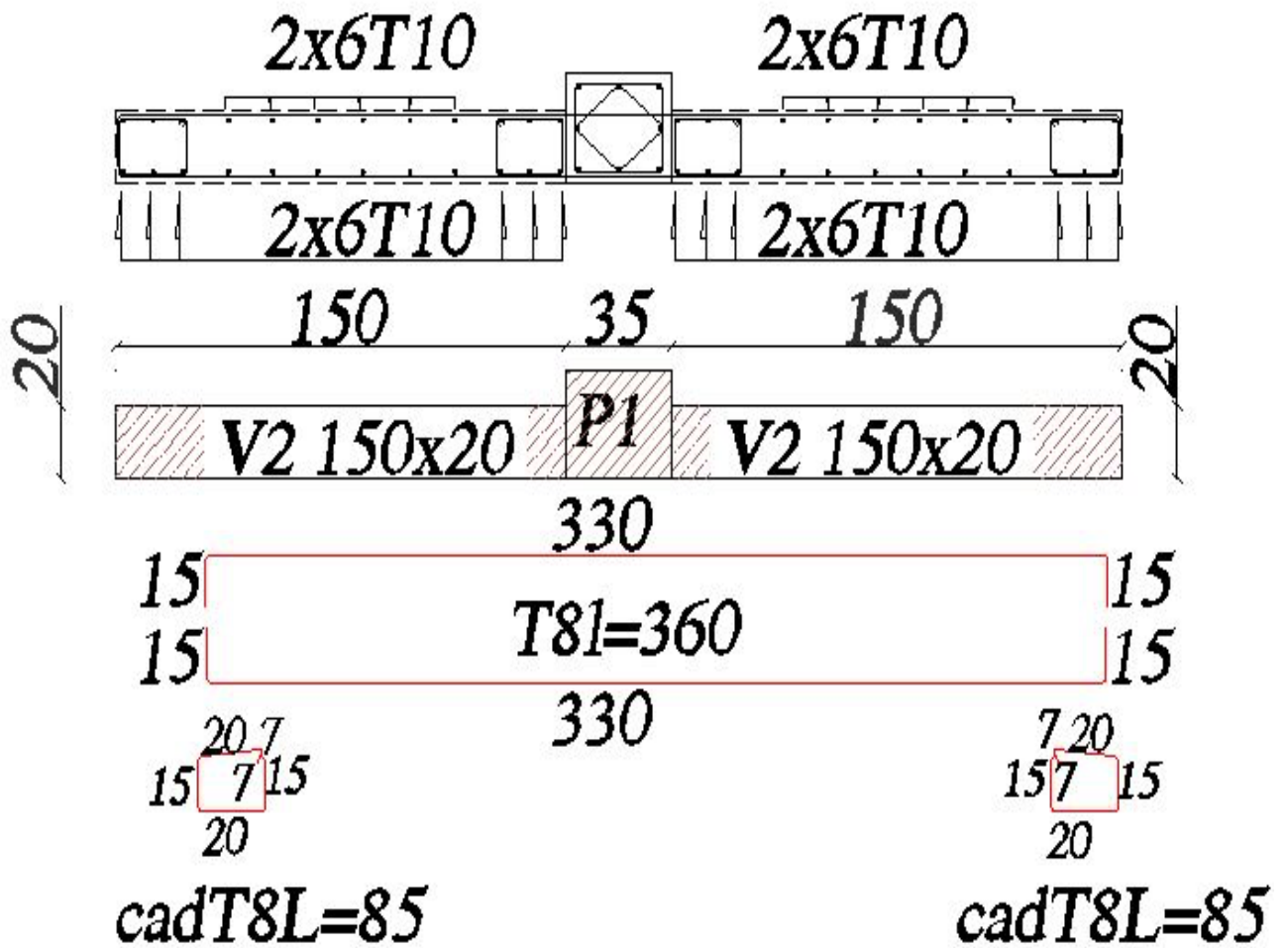


Figure 5.5. schéma de ferrailage de voile V2.

#### 5.4. Assemblage entre deux voiles de deux étages

L'assemblage du voile se fait entre 2 voiles de 2 étages consécutifs (inférieur et supérieur), tout en les incorporant dans la poutre « voir dessin », cet assemblage s'effectue suivant les étapes chronologiques suivantes :

**1-**Levage et manutention de voile inférieur se fait au moyen de grue mobile pour enfin le faire montée et l'ajuster dans son emplacement préconisé. La suspension du voile est effectuée par le biais des armatures d'attache. L'ajustement du voile est réalisé avec un matériel de mise à niveau vertical pour assurer la stabilité et la verticalité du voile.

**2-**Assemblage de voile inférieure 1 avec le voile supérieure 2 en joignant les armatures d'attache tout le long de la zone de recouvrement en réalisé pour cela des points d'attache constitués par des fils de fer d'attache (longueur de recouvrement de 32cm), on note que la zone d'assemblage des armatures des voiles est incorporé à l'intérieur de la zone distante entre la barre inférieure et la barre supérieure de l'armature de la poutre , qui a été mise en place avant les voiles.

**3-**Coffrage en coulage : une fois le voile niveau 1 est mis dans son emplacement et avant la pose des armatures de la poutre en place le coffrage de la poutre qu'on arrête par une plaque coffrante de séparation entre la poutre et les voiles (zone commune entre la poutre et les voiles) en suite on coule le béton dans les parties de la poutre excédant les voiles.

Une fois, cette opération de coulage du béton de la poutre a été terminée on procède à la mise en place du voile niveau 2 en joignant les armatures d'attache des deux voiles. Un coffrage de la zone de jonction des deux voiles est placé sur une des faces latérales. Le béton est alors injecté dans la zone citée précédemment par une pompe d'injection du côté libre de la zone de jonction.

Concernant la qualité du béton injecté, on doit s'assurer qu'il remplit bien toutes les zones de la poutre et particulièrement les zones communes d'assemblage avec les voiles il est impératif de choisir un béton adhérent entre celui coulé antérieurement celui coulé nouvellement, à défaut de la non adhérence prévoir un adjuvant pour remédier à ce problème de la non adhérence.

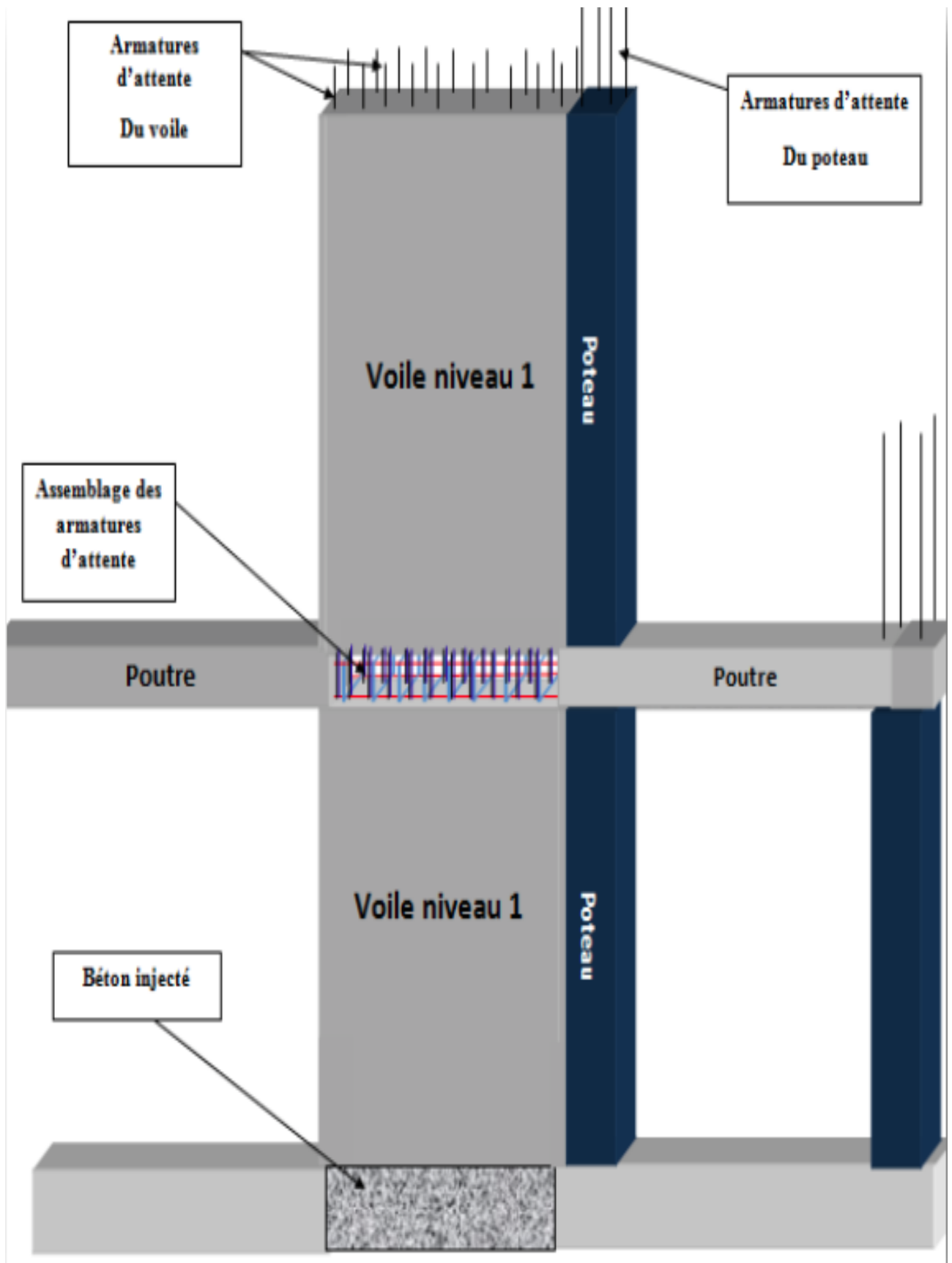
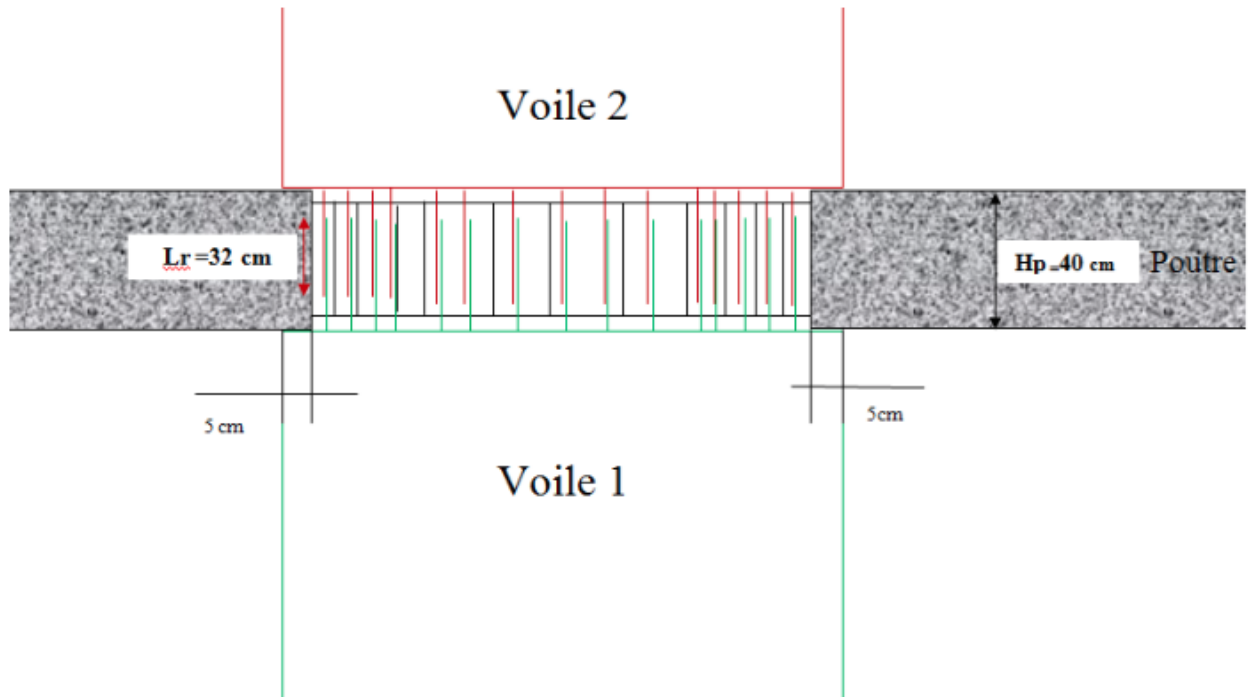


Figure 5.6. Vue 3D de montage d'un élément .





**Figure 5.7.** Montage d'un élément.

# Chapitre 06

## DEFINITION DE L'ATELIER DE PREFABRICATION

---

### 6.1. Introduction

Un atelier de préfabrication est un endroit présentant tous les critères de faisabilité du processus de préfabrication d'élément pour construction Avec une grande productivité. Les dimensions des aires de façonnage, de stockage sont d'autant plus importantes que les dimensions des éléments à préfabriqués sont grandes et que la production est importante. L'espace du processus fabrication (ciment, sables, agrégats, aciers, ...) est bien situé par rapport aux endroits pour stockage de produit prêts a l'emploi.

### 6.2. Description de l'atelier

#### ➤ Equipement humain

- Chef chantier principal.
- Chef d'équipe.
- Magasiner.
- Centraliste.
- Grutier.
- Chauffeurs.
- Ferrailleurs.
- Coffreurs.
- Maçons.
- Manœuvres spécialisés en préfabrication.

➤ **Matériel de préfabrication**

- Grue mobile.
- Central à béton mobile.
- Des camions.
- Chaudière.
- Des bâches thermiques.
- Des moules (table basculante).
- Bâches à eau.

➤ **Poste de travail**

- Façonnage des aciers.
- Coffrage des moules (graissage).
- Ferrailage des moules.
- Coulage.
- Séchage (traitement thermique).
- Décoffrage.
- Aires de stockage.

### **6.3. Définition des tâches et les postes de travail d'un atelier**

#### **6.3.1. Façonnage des aciers**

Le procédé de façonnage est organisé d'après le principe d'une chaîne technologique, à partir de la préparation des aciers jusqu'à l'obtention du produit fini en commençant par la coupe de la longueur d'une barre qui se fait à l'aide de la cisaille et du bac du coupe conformément aux plans de ferrailage et tableau de nomenclature fournis par le bureau d'étude qui indiquent la longueur et le diamètre des barres, leurs nombres, la distance entre elles, les endroits de soudure des pièces

d'attaches et des anneaux de montage. L'assemblage des aciers façonnés (armatures longitudinales et transversales) consiste à réunir les différentes barres entre elles au moyen d'étriers, cadres ou épingles et selon leur disposition relative donnée par les plans. Cela nécessite un traçage préalable, un repérage précis du positionnement des éléments transversaux sur les barres longitudinales. Cette opération se pratique en général sur des tréteaux adaptés à cette opération.



**Figure 6.1.**Façonnage des aciers.

## 6.3.2. Coffrage des moules

### 6.3.2.1. Définition des moules

Les moules sont des tables basculantes conçues pour la production d'éléments préfabriqués pour panneaux, apparents, panneaux pleins ou sandwich, produits en différentes dimensions. À la fin du processus de maturation du panneau, le mécanisme de relevage de la table permet un enlèvement aisé du panneau depuis une position verticale.

Le mécanisme de relevage consiste en une rotation de la table autour d'un point de charnière à l'aide de vérins hydrauliques dont le nombre et la force sont calculés selon les mesures et la capacité de charge de la table.

Système de vibration qui consiste en une série de vibrateurs électriques. La vibration compacte le béton en éliminant l'air et augmente la résistance Mécanique après la maturation. De plus la vibration permet d'utiliser un béton moins humide (fluidité meilleure) accélère ainsi le

processus de maturation, en augmentant la productivité.

La présence d'un système de maturation, augmente la productivité en réduisant le temps de maturation. Ce système consiste en une série de tubes à ailettes positionnés au-dessous de la tôle du plan contre béton, où s'écoule l'eau chaude.



**Figure 6.2.** Table basculant position de coulage.



**Figure 6.3.** Table basculant position de levage.

La première opération que les travailleurs effectuent après la sortie de l'élément préfabriqué est le nettoyage complet du moule, qui consiste en un balayage, brossage des surfaces, qui peuvent comporter des traces plus au moins rugueuse et importantes. Les outils avec lesquels se font ces

opérations sont balai et brosse métallique. Ensuite, l'application d'un produit de démoulage (graisse) qui doit être appliqué en épaisseur très mince et continue, ce produit est appliqué pour empêcher le collage du béton au moule et il doit se tenir bien à la surface de ce dernier avant toutes les opérations de façonnage des éléments préfabriqué.

### 6.3.2.2. Disposition de l'armature dans le moule

Il s'agit de mettre en place dans le moule les armatures façonnées et permettre d'assurer un parfait enrobage des armatures. Des précautions sont à prendre pour éviter de salir le moule au moment de la pose des armatures et de la mise en place du béton.

Le moule doit être propre et il doit avoir les dimensions stables et imbibé d'huile et cela toujours avant la pose des armatures.

- ✓ Avant leurs réceptions Il faut vérifier qu'elles sont conformes aux plans (sections voulues et la position relative de divers éléments de chaque armature sont respectées).
- ✓ Au moment de leurs mise en place, les armatures doivent être propre, sans trace de terre, ni de peinture ou de graisse, etc... ce qui implique le stockage des armatures sur une aire appropriée.
- ✓ Positionnée dans le moule ne doit, ni se déplacer, ni se déformer pendant le bon coulage du béton.



**Figure 6.4.** Disposition de l'armature dans le moule.



### 6.3.3. Coulage du béton

#### 6.3.3.1. Mise en œuvre du béton

Des programmes précis de fabrication permettent à la bétonnière de fournir juste la quantité de béton dont les ouvriers chargés de la mise en œuvre en besoin, évitant ainsi la perte du béton. Quant au transport et la manutention, il se fait à l'aide d'une grue mobile.

Une fois le béton mis en place, les ouvriers passeront au nivellement de la couche du béton à l'aide de pelles et de râtaux, puis le réglage définitif de cette couche à l'aide de vibreurs internes.

Cette vibration qui s'effectue par des aiguilles, est limitée généralement aux panneaux entièrement en béton armé, pour la simple raison qu'après le coulage du béton, il se forme une pyramide, et devient de plus en plus sec par la suite de la réaction chimique qui se passe à l'intérieur du mélange (le dégagement de la chaleur qui provoque l'évacuation d'une grande partie de l'eau permettant ainsi au mélange de prendre une consistance plus au moins solide). Il faut éliminer momentanément ce durcissement, en appliquant un vibreur à l'intérieur du mélange qui donne un excès de fluidité à ce dernier. Après une bonne vibration du béton les ouvriers effectuent des opérations correspondant à la finition demandée qui consistent un simple talochage ou un simple lissage. Ces opérations donneront l'état final du panneau.



**Figure 6.5.** Coulage et lissage des panneaux.

#### 6.3.3.2. Contrôle et finition du panneau

Après les contrôles effectués aux différentes étapes de la fabrication (matières premières, béton froid,

positionnement, calage des armatures, ect...) un groupe de travailleurs procèdent aux contrôles et finition des panneaux qui sont fonction des dimensions et de la planéité du panneau. Les diverses opérations qui peuvent être effectuées sont:

- La vérification de la bonne fixation des boîtiers et des câbles de l'installation électriques du bâtiment.
- Le contrôle du non - obturation des trous qui serviront au passage des fils électriques.

#### **6.3.4. Durcissement (traitement thermique)**

Le poste de séchage est effectué par des chaudières; car le traitement thermique du béton a pour but d'améliorer la résistance aux premières heures de façon à permettre décoffrage plus rapide et qui s'effectue dans sept heures environ après le coulage au lieu de vingt huit jours cependant, le durcissement du béton, au cours du traitement, ne peut se poursuivre normalement que si le ciment trouve a tout moment l'eau nécessaire a son hydratation.

Si non une déshydratation du béton est possible. Il sera donc indispensable de veiller à ce que les pertes d'eau du béton soient aussi réduites que possible. Néanmoins, ces mesures ne suffisent pas pour garantir la quantité finale du panneau, il faut également que la technique de chauffage (augmentation de la température) soit étudiée de façon à éviter les fissurations et les déformations qui sont susceptibles de se produire et préjudice de la résistance du béton.

##### **6.3.4.1. Cycle de traitement thermique**

Un béton ne doit jamais être soumis à un traitement thermique aléatoire, mais il est recommandé de bien étudier le cycle à lui faire subir pour éviter toute surprise ultérieure Le traitement thermique du béton suit généralement cycle de quatre phases ;

- ✓ Une phase de prétraitement qui suit la phase de coulage du béton. Elle varie de une à quatre heures.
- ✓ Une phase de montée en température (20°C/heure) au cours de laquelle le béton atteint la température de traitement.
- ✓ Une phase où la température est maintenue constante (50 à 80°C) c'est le palier de température au cours du quel l'hydratation du béton va se poursuivre; (palier isothermique).
- ✓ Une phase de refroidissement (20°C/ heure) qui permet à l'élément de revenir à une température proche de la température ambiante.

Pour obtenir la courbe de traitement thermique idéale devrait faire des expériences qui ne sont pas



disponibles, alors nous avons proposé une méthode théorique.(tentative personnelle).

Cette méthode dépend de la loi de conservation de l'énergie (thermodynamique)

$$Q = mc \Delta T$$

$$Q = \text{chaleur (j)}$$

$$m = \text{masse (kg)}$$

$$c = \text{capacité thermique (calorifique) massique (j/kg K)}$$

$$\Delta T = \text{variation de température (K)}$$

Et on a

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \text{puissance (watt=j/s)}$$

$$Q = \text{chaleur (j)}$$

t = temps en s (dans notre cas t est période palier isothermique – voir figure 7.4)

Supposons que les rayons du soleil sont perpendiculaires aux panneaux réalisés sur chantier, qui ont besoin de 28 jours pour obtenir une résistance parfaite et la puissance moyenne reçue par la terre de  $1361 \text{ watt/m}^2$ .

$25^\circ \text{C}$  est la température ambiante moyenne.

On applique la théorie sur un panneau de surface  $5,5 \text{ m}^2$

$$P = 1361 \times 5,5 = 7485,5 \text{ watt}$$

$$m = 2 \times 2,75 \times 0,2 \times 2500 = 2750 \text{ kg}$$

$$C_{\text{béton}} = 880 \text{ (j/kg K)} \quad t = 4\text{h} = 14400 \text{ s (proposé)}$$

$$P_{28 \text{ jours}} = P_{\text{traitement}}$$

$$P_{28 \text{ jours}} = \frac{Q_{\text{traitement}}}{t}$$

$$P_{28 \text{ jours}} = \frac{mc\Delta T}{t}$$

$$7485,5 = \frac{2750 \times 880 \times \Delta t}{14400}$$

$$\Delta T = \frac{14400 \times 7485,5}{2750 \times 880}$$

$$\Delta t = 44,54 \text{ c}^\circ$$

$$t = t_{\text{final}} - t_{\text{initiale}}$$

$$t_{\text{final}} = t + t_{\text{initial}}$$

$$t_{\text{final}} = 44,54 + 25 = 69,54 \text{ c}^\circ$$

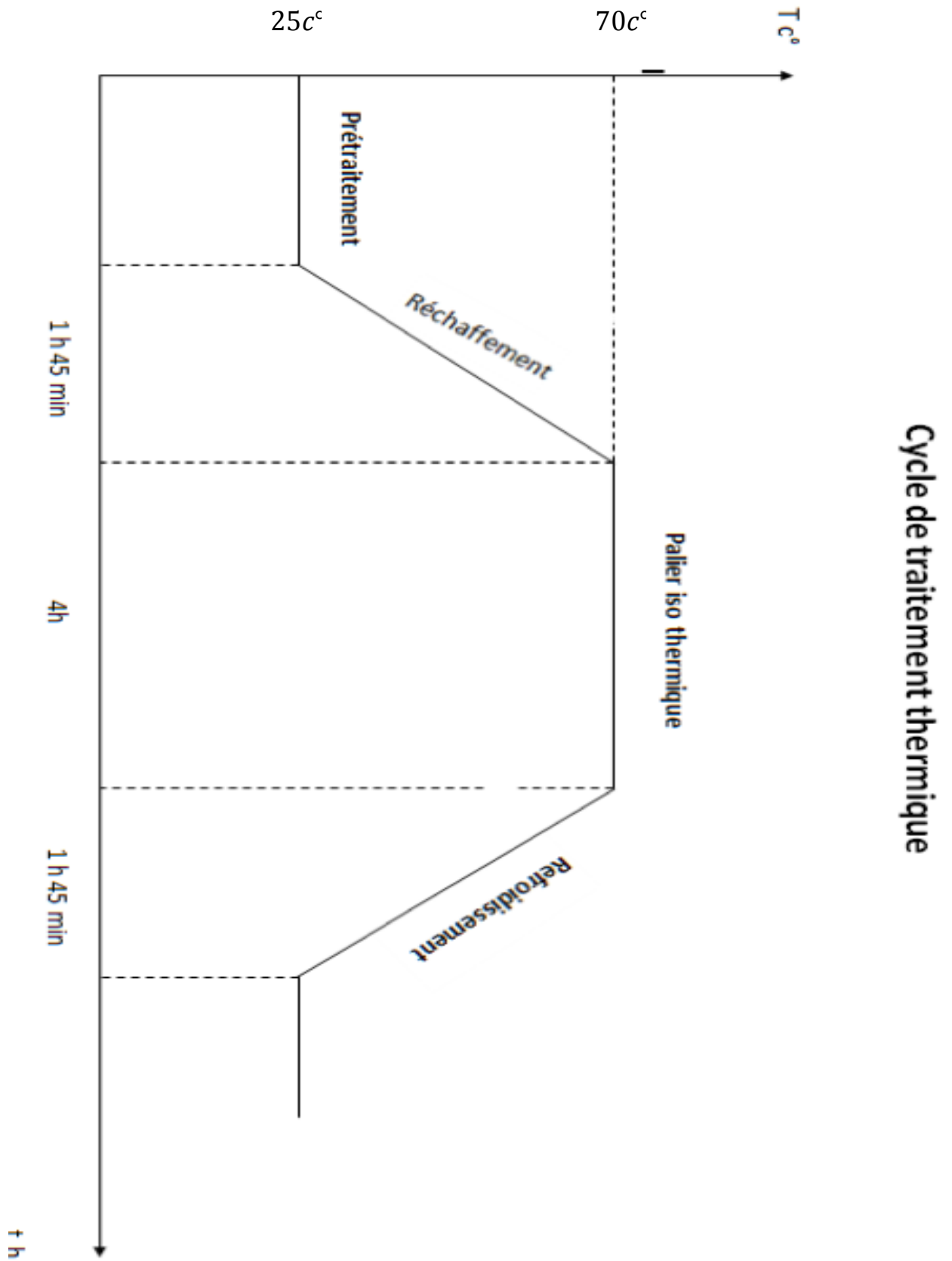


Figure 6.6. Cycle de traitement thermique.

### **6.3.4.2. Choix de béton résiste le traitement thermique**

Les développements des techniques de construction industrialisées et l'usage de coffrages outils (tables et banches ou le coffrage tunnel et la préfabrication en usine) ont donné une impulsion aux travaux recherche sur le durcissement accéléré du béton.

Le durcissement accéléré du béton peut donc être obtenu par un traitement thermique dont le but est d'accélérer la réaction d'hydratation du béton et par conséquent accroître sa résistance au jeune âge.

Le but de ce choix est d'éviter le phénomène de retrait ; Le retrait : Le retrait du béton est une contraction Dimensionnelle du béton due à des phénomènes chimiques et physiques.

La chaleur produite par la réaction chimique d'hydratation –réaction exothermique - représente environ 300 à 500 Joules par gramme de ciment hydraté. En l'absence d'échange de chaleur avec l'extérieur, par exemple pour un béton de laboratoire placé en caisson isolé, ou, dans une moindre mesure, pour la partie de béton au cœur d'une paroi très épaisse, la chaleur produite provoque une élévation de température qui peut atteindre 30 à 60°C par rapport à la température ambiante. Le retour à la température ambiante provoque donc un retrait thermique.

- Dosage de ciment ne dépasse pas  $450 \text{ kg / m}^3$  pour éviter le retrait.
- Le Choix d'un ciment d'une classe élevée pour la même raison.
- Les meilleurs résultats sont obtenus en employant des bétons dont la teneur en eau est minimal E/C  $\leq 0.55$  à  $0.60$  pour des panneaux de logement.
- Choix du ciment à aussi une grande importance, on utilisera de préférence des ciments portland artificiels (CPA).

### **6.3.5. Démoulage (décoffrage)**

Après le traitement thermique les ouvriers procèdent au démoulage du panneau un certain temps de durcissement dans le moule. C'est la méthode la plus employée, qui permet de conserver les dimensions des panneaux suffisamment plus au moins précises pour faciliter le montage. Le démoulage nécessite donc une résistance minimale et par conséquent, un temps de séjour également minimal dans le moule. Le démoulage s'effectue par vibration hydraulique.

#### **Aire de stockage**

Le poste de stockage comporte une aire sablée de niveau non couverte, dans laquelle la manutention se fait par grues, car le stockage Sur le sol naturel n'est pas toujours une solution

rationnelle et les pièces risquent d'être souillées et cassées.

## 6.4. Détermination de nombres des éléments préfabriqués

### 6.4.1. Les Voiles

C'est une paroi verticale en béton armé utilisé pour supporter les charges horizontales et verticales.

### 6.4.2. Blocs 1, 2 et 3

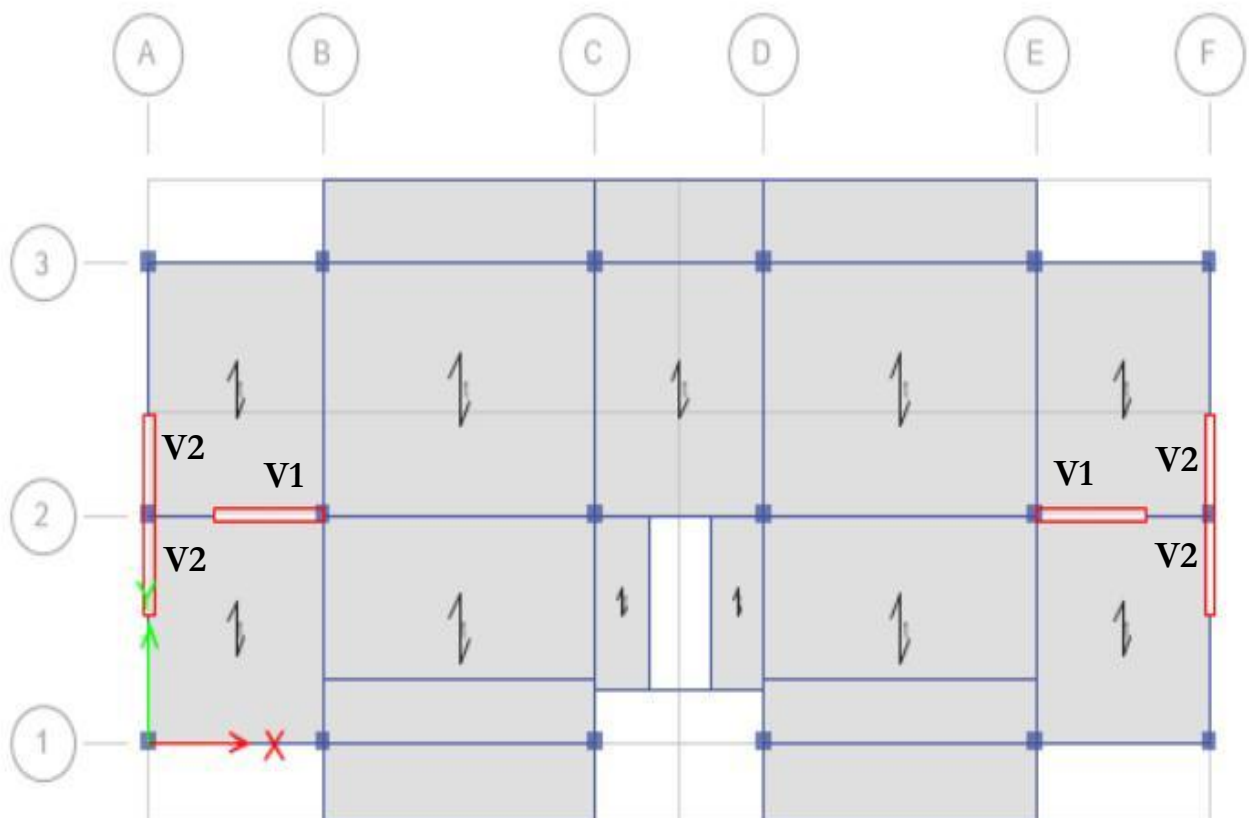


Figure 6.7. Position des voiles préfabriqués.

$$V_1 : (2 \times 2,75 \times 0.2) \text{ m}^3$$

Désignation	V <sub>1</sub>
Nbr des voiles par étage	2
Totale des voiles par bloc	2x5=10
Totale des voiles	3x10=30

Tableau 6.1. Nombres des voiles V1 .

$$V_2 : (1,5 \times 2,75 \times 0.2) \text{ m}^3$$

Désignation	V <sub>2</sub>
Nbr des voiles par étage	4
Totale des voiles par bloc	4x5=20
Totale des voiles	3x20=60

Tableau 6.2. Nombres des voiles V2.

Désignation	Dimension (m)	Eléments
V1	$(2 \times 2,75 \times 0.2) \text{ m}^3$	30
V2	$(1,5 \times 2,75 \times 0.2) \text{ m}^3$	60
La somme		90

Tableau 6.3. Totale des voiles préfabriqués.

### 6.5. Capacité de production de l'atelier

L'atelier est conçu pour produire 15 éléments par jours pour répondre aux demandes de chantier.

$$V_1 (h = 3/2.75) \rightarrow 5 \text{ éléments / jour} \rightarrow 6 \text{ jours}$$

$$V_2 (h = 3/2.75) \rightarrow 10 \text{ éléments / jour} \rightarrow 6 \text{ jours}$$

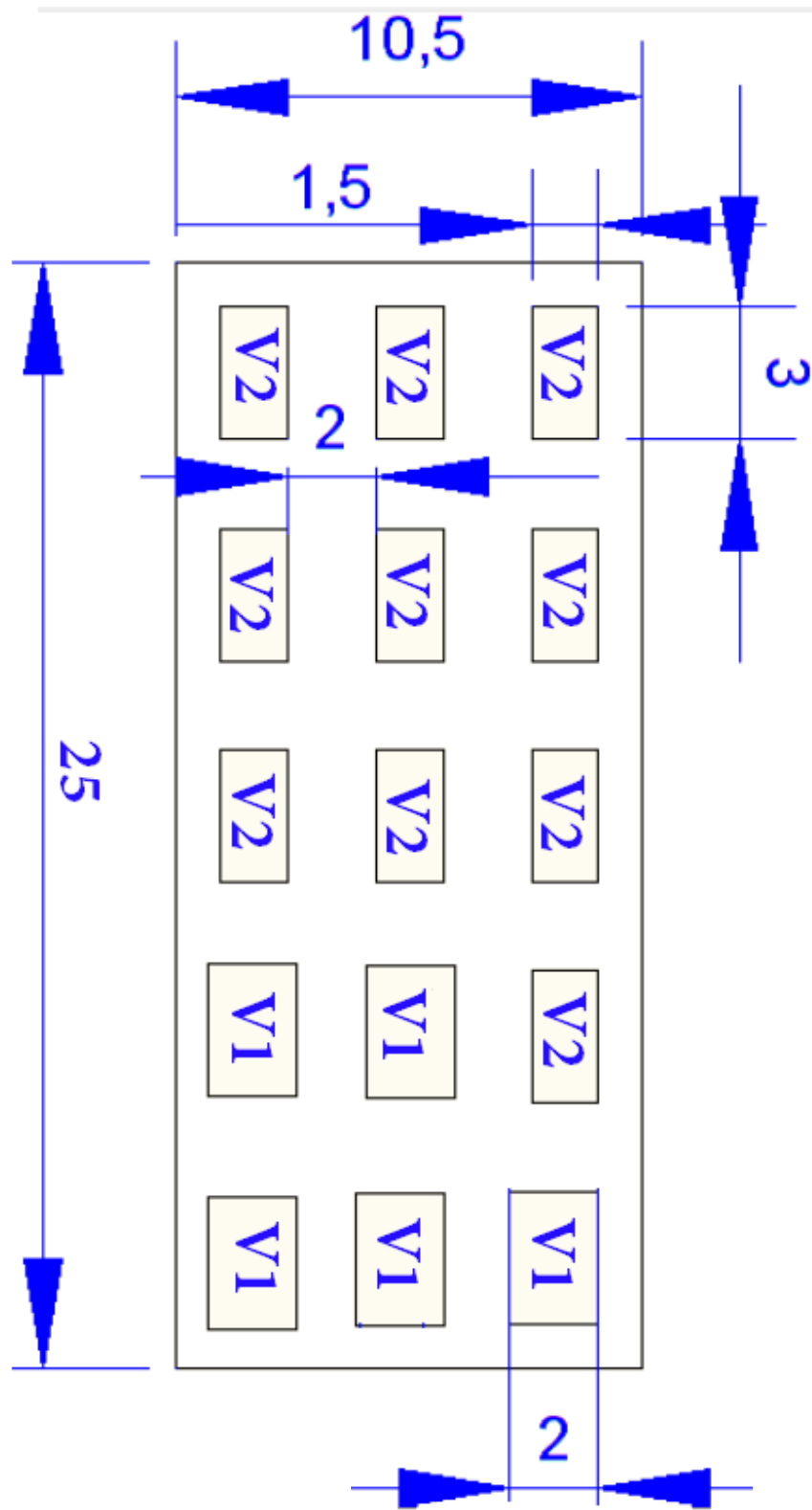


Figure 6.8. Plan d'installation d'un atelier.

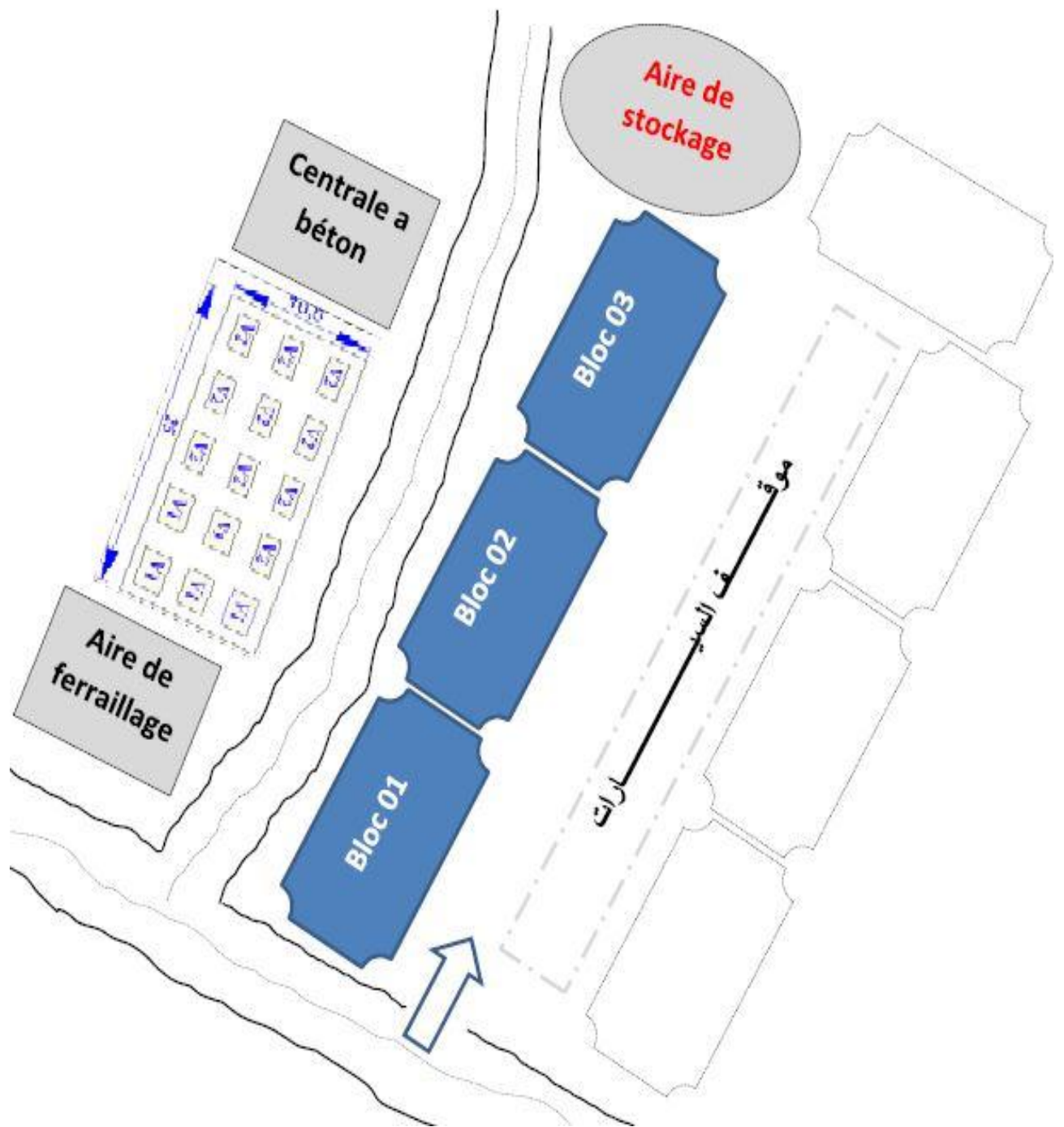


Figure 6.9. Dimension et espacement d'atelier sur terrain.



---

## *Références Bibliographiques*

---

- **Documents techniques réglementaires**

- D.T.R-B.C.2-41 RÉGLES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES STRUCTURE EN BÉTON ARMÉ C.B .A.93.
- D.T.R-B.C.2-48 RÉGLES DE PARASISMIQUES ALGÉRIENNES RPA99/ VERSION 2003.
- D.T.R-B.C.2.2 CHARGES PERMANENTES ET CHARGES D'EXPLOITATION.
- DTE P18-702 RÉGLES THECNIQUES DE COCEPTION ET DE CALCUL DES OUVRAGES ET CONSTRUCTIONS EN BÉTON ARMÉ SUIVANT LA METHODE DES ÉTATS LIMITES RÉVISÉES 99.

- **Livres :**

- PRATIQUE DE BAE91 COURS AVEC EXERCICES CORRIGÉS; JEAN PERCHAT, JEAN ROUX
- CALCUL DES OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ ; M. BELAZOUGUI
- GUIDE PRATIQUE DE LA DÉMOLITION DES BATIMANTS(p11-16); JEAN CLAUDE PHILIP, FOUAD BOUYAHDAR, JEAN PIERE MUZEAU.
- GCI 714- DURABILITÉ ET RÉPARATION DU BÉTON; UNIVERCITÉ DE SHERBROOK-CHAP3.

- **Mémoires / Theses**

- DÉTERMINATION DU COUT ET TEMPS DE RÉALISATION DU BATIMANTS PRÉFABRIQUÉS ET LEURS VARIATION EN FONCTION DU DEGRÉ D'INDUSTRIALISATION(p3-6); UNVERCITÉ FERHAT ABBAS- SETIF 1999.
- RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES DE LA FONCTION INDUSTRIALISATION (PRÉFABRICATION) DU BATIMANT DANS UN CONTEXTE GÉNÉRAL(p5-9); UNVERCITÉ FERHAT ABBAS- SETIF 1997.
- CONCEPTION D'UN ATELIER DE PRÉFABRICATION ITÉNIRANT ET DÉMENTABLE ASSOCIÉ À UN CHANTIER DE RÉALISATION DE BATIMANTS(p41-50) ; UNIVERCITÉ BBA 2019.
- ETUDE D'UN BATIMENT EN R+9+SOUS-SOL A CONTREVENTEMENT MIXTE ; ENTP 2007.

- LA PRÉFABRICATION DU BATIMANTS EN ALGÉRIE AVEC DE NOUVELLE TECHNOLOGIE ; UNIVERCITÉ DE JIJEL.

- LA PRÉFABRICATION DANS L'HABITAT INDIVIDUEL RURAL CAS D'ETUDE VILLAGE COMMUNAUTAIRE(p8-20) ; UNIV DE TLEMEN 2019.

- CALCUL SELON LES RPA99/Version 2003 ET ETUDE DE VULNERABILITÉ D'UN BATIMANT EN R+4 A STRUCTURE EN PORTIQUES, COTRVENTÉE PAR DES VOILES EN BÉTON ARMÉ 2008.

- **Sites web**

- Wikipédia.

- <https://tracktor.fr/blog/le-guide-de-la-demolition>

- **Logiciels et programmes**

- AUTOCAD 2004 (Dessin)

- ETABS V9.0.7 (Analyse des structures)

- Office 2011 (Traitement de texte, calcul...etc)

ملخص:

يتمثل عملنا خلال هذه الدراسة التي قمنا بها في اظهار طريقة هدم و اعمار بنايات لم تعد قابلة للاستغلال و من ثم اعادة انجازها بتكنولوجيا العناصر الخرسانية مسبقة الصنع, و قد اظهرنا فيه كيفية انجاز ورشة مسبقة الصنع على مشروع بناء يتكون من طابق ارضي +4 طوابق يقع في ولاية سطيف المصنفة ضمن المنطقة الزلزالية (IIa) وفق النظم الجزائرية المضادة للزلازل (RPA99/ VERTON 2003).

الكلمات المفتاحية :

التصنيع, ورشة, مسبقة الصنع, الهدم, اعادة البناء.

## Résumé :

notre travail réalisé après une étude approfondie consiste à démontrer la méthode de démolir une bâtisse non usable et la reconstruire en utilisant de nouvelles technologies telles que le pré fabriqué. on cite comme exemple la technique de réalisation d'un projet R+4 dans la wilaya de Sétif considérée comme une zone séismique à l'aide du système algérien parasismique RPA 99 version 2003

## Mots Clés :

Industrialisation, Atelier, Préfabriqué, Démolition, Reconstruction.

## Abstract:

Our work during this study that we did is to demonstrate the method of demolition and reconstruction of buildings that are no longer usable by re-completing them with the technology of prefabricated concrete elements, and we have shown in this the way to accomplish a prefabricated workshop on a building project consisting of a ground floor + 4 floors in the wilaya of Setif, which is classified in the seismic zone (IIa) according to the Algerian anti-earthquake systems (RPA99 / version2003)

## Key words :

Manufacturing, Prefabricated, Workshop, Demolition, Rebuild.