

**I.1- Introduction :**

Le présent travail est une étude technique d'une structure en béton armé à usage multiple composée d'un Rez de chaussé et de 5 étages.

Le problème posé est d'assurer la résistance de notre construction aux différents effets tout en prenant le coté économique en considération.

Notre travail est structuré comme suit :

- étude préliminaire du pré dimensionnement des éléments horizontaux (poutres; chaînages et Planchers) et des éléments verticaux (poteaux, murs voiles).
- Calcul détaillé des différents éléments non structuraux (acrotère, balcon, escalier).
- Etude sismique.
- Calcul des éléments structuraux :
  - le calcul des portiques longitudinaux et transversaux qui constituent le squelette de notre Structure.
  - calcul des voiles qui sont des éléments de contreventement contre les efforts horizontaux dus au séisme.
  - Etude des différents éléments de l'infrastructure.

**I.2- Présentation de l'ouvrage :**

Le projet qui nous a été confié consiste à l'étude et le calcul des éléments d'un bâtiment en béton armé (R+5) à usage d'habitation et bureaux implanté à **MASCARA**, classée en zone de moyenne sismicité (zone IIa) d'après les règles parasismiques Algériennes R.P.A 99 (version 2003).

Cet ouvrage contient un RDC à usage de bureaux et les autres étages sont des logements d'habitation.

**I.2.1- Caractéristique géométrique (dimensions des plans) :**

- Longueur totale du bâtiment.....**24,50m**
- Largeur totale du bâtiment.....**17,60 m**
- Hauteur totale du bâtiment.....**20,50 m**
- Hauteur du R.D.C.....**4.00m**
- Hauteur des étages courants.....**3,06 m**

**I.2.2- Ossature et système constructif adopté :****I.2.2.1- Ossature :**

La stabilité de la structure est assurée par un système structurel mixte en béton armé (Voiles et portiques).

**I.2.2.2- Planchers :**

Les planchers adoptés pour notre structure sont :

- Des planchers à corps creux (16+4).

**I.2.2.3- Escaliers :**

On a un seul type d'escalier :

- **Type I** : escalier droit à deux volées avec un seul palier.

**I.2.2.4- Maçonnerie :**

Les murs extérieurs sont réalisés en doubles cloisons en briques de 15 cm et de 10 cm d'épaisseur avec un vide d'air de 5cm; les cloisons sont réalisées en simples cloisons de 10 cm d'épaisseur.

**I.2.2.5- Revêtement :**

- Enduit en plâtre pour les plafonds.
- Enduit en ciment pour les murs extérieurs et les cloisons.
- Revêtement à carrelage pour les planchers.
- Le plancher terrasse sera recouvert par une étanchéité multicouche imperméable évitant la pénétration des eaux pluviales.

**I.2.2.6- Isolation :**

- L'isolation acoustique est assurée par la masse du plancher et par le vide d'air des murs extérieurs.
- L'isolation thermique est assurée par les couches de liège pour les planchers terrasses; et par le vide d'air pour les murs extérieurs.

**I.2.3- Caractéristiques géotechniques du sol :**

Selon le rapport géotechnique du laboratoire LTPO, Le sol d'assise de la construction est un sol meuble.

- La contrainte du sol est  $\sigma_{\text{sol}} = 1,5 \text{ bars}$  pour un ancrage  $D = 3 \text{ m}$ .
- Le poids spécifique de terre  $\gamma = 1,7 \text{ t / m}^3$ .
- L'angle de frottement interne du sol  $\phi = 35^\circ$
- La cohésion  $C = 0$  (sol pulvérulent).

**I.3- Caractéristiques mécaniques des matériaux :****I.3.1- Le Béton :**

Le béton est un matériau constitué par le mélange de ciment, granulats (sables, gravillons) et d'eau de gâchage. Le béton armé est obtenu en introduisant dans le béton des aciers (armatures) disposés de manière à équilibrer les efforts de traction.

Le béton armé utilisé dans la construction de l'ouvrage sera conformé aux règles techniques de conception et de calcul des structures (B.A.E.L.91 et R.P.A 99).

La composition d'un mètre cube ( $\text{m}^3$ ) de béton courant est comme suit :

350 Kg de ciment .....CPA 325  
 400 L de sable..... $\text{dg} \leq 5 \text{ mm}$   
 800 L de gravillons..... $\text{dg} \leq 25 \text{ mm}$   
 175 L d'eau de gâchage.

La préparation du béton sera faite mécaniquement à l'aide d'une bétonnière ou d'une centrale à béton.

**Principaux caractères et avantages:**

La réalisation d'un élément d'ouvrage en béton armé, comporte les 4 opérations:

- a) Exécution d'un coffrage (moule) en bois ou en métal.
- b) La mise en place des armatures dans le coffrage.
- c) Le coulage du béton dans le coffrage.
- d) Décoffrage ou démoulage après durcissement suffisant du béton.

Les principaux avantages du béton armé sont:

- 1) **Economie**: le béton est plus économique que l'acier pour la transmission des efforts de compression, et son association avec les armatures en acier lui permet de résister à des efforts de traction.
- 2) **Souplesse des formes**: elle résulte de la mise en œuvre du béton dans les coffrages auxquels on peut donner toutes les sortes de formes.
- 3) **Résistance aux agents atmosphériques**: elle est assurée par un enrobage correct des armatures et une compacité convenable du béton.
- 4) **Résistance au feu** : le béton armé résiste dans les bonnes conditions aux effets des incendies.

En contrepartie, les risques de fissurations constituent un handicap pour le béton armé, et que le retrait et le fluage sont souvent des inconvénients dont il est difficile de palier tous les effets.

### **I.3.1.1- Résistance mécanique :**

#### **a- Résistance caractéristique à la compression :**

Le béton est caractérisé par sa bonne résistance à la compression, cette dernière elle est donnée à "j" jour en fonction de la résistance à 28 jours par les formules suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{c28} \leq 40\text{Mpa} \Rightarrow f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} \cdot f_{c28} \\ f_{c28} > 40\text{Mpa} \Rightarrow f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} \cdot f_{c28} \end{array} \right.$$

- pour 28 jours < j < 60 jours ..... $f_{cj} = f_{c28}$

- pour j ≥ 60 jours ..... $f_{cj} = 1,1 f_{c28}$

Pour notre étude, on prend :  $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$

#### **b- Résistance caractéristique à la traction :**

La résistance caractéristique à la traction du béton à " j " jours est conventionnellement définie par la relation:  $f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$

Donc pour  $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$ ,  $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$

#### **Méthode de calcul :**

Une connaissance plus précise du comportement du béton armé acquise à la suite de nombreux essais effectués dans différents pays a permis une modification profonde des principes des méthodes de calcul.

**Définition des états limites :**

Un ouvrage doit être conçu et calculé de manière à présenter durant toute sa durée d'exploitation des sécurités appropriées vis-à-vis:

- de sa ruine ou de celle de l'un de ses éléments.
- du comportement en service susceptible d'affecter gravement sa durabilité, son aspect, ou encore le confort des usagers.

Les états limites sont classés en deux catégories:

**Etat limite ultime :**

Il correspond à la perte d'équilibre statique (basculement), à la perte de stabilité de forme (flambement) et surtout à la perte de résistance (rupture) qui conduit à la ruine de l'ouvrage.

**Etat limite de service :**

Au-delà duquel ne sont plus satisfaites les conditions normales d'exploitation et de durabilité (ouvertures des fissures, déformations, excessives des éléments porteurs).

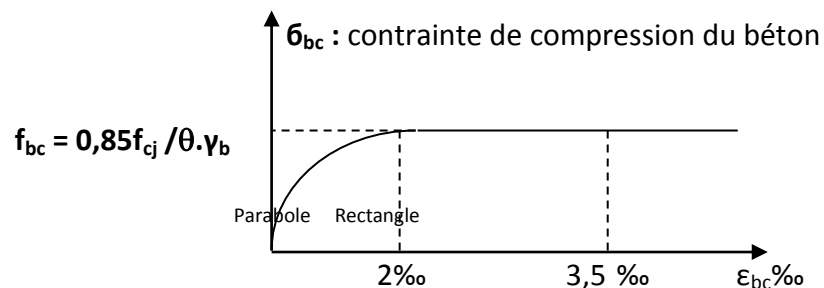
**I.3.1.2- Déformation et contraintes de calcul :****- Etat limite de résistance :**

Dans les calculs relatifs à l'état limite ultime de résistance, on utilise pour le béton un diagramme conventionnel dit:

"Parabole –rectangle" et dans certains cas par mesure de simplification un diagramme rectangulaire.

**a- Diagramme parabole – rectangle :**

C'est un diagramme déformations – contraintes du béton qui peut être utilisé dans tous les cas.



**Figure I.1- Diagramme de déformations – contraintes**

Avec:

$\epsilon_{bc}$  : Déformation du béton en compression

$f_{bc}$  : Contrainte de calcul pour  $2\text{‰} < \epsilon_{bc} < 3,5\text{‰}$

$f_{cj}$  : Résistance caractéristique à la compression du béton à " j " jours

$\gamma_b$  : Coefficient de sécurité

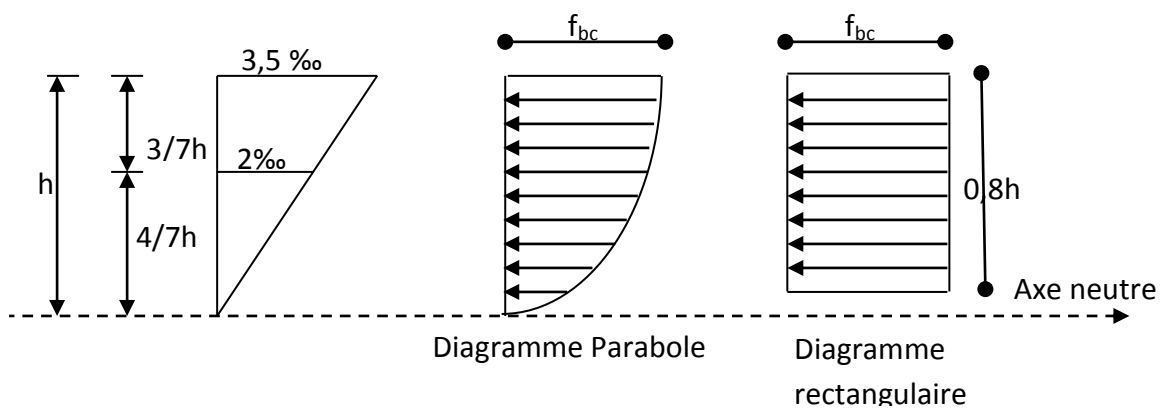
$\gamma_b = 1,5$  cas générale

$\gamma_b = 1,15$  cas de combinaisons accidentelles.

Le coefficient de minoration 0,85 tient compte de l'influence défavorable de la durée d'application des charges et des conditions de bétonnage vis-à-vis des résistances caractéristiques obtenues par essais sur éprouvettes.

**b- Diagramme rectangulaire :**

Utilisé dans le cas où la section considère est partiellement comprimée en flexion simple.



**Figure I.2- Diagramme rectangulaire**

**3.1.3- Contrainte admissible de cisaillement :**

$\tau_u = \min(0.2f_{cj} / \gamma_b, 5Mpa)$  Fissuration peu préjudiciable.

$\tau_u = \min(0.15f_{cj} / \gamma_b, 4Mpa)$  Fissuration préjudiciable ou très préjudiciable.

La contrainte ultime de cisaillement dans une pièce en béton définie par rapport à l'effort tranchant ultime  $T_u$ .

$\tau_u = T_u / b_0 \cdot d$  avec :  $b_0$  : largeur de la pièce.  $d$  : hauteur utile.

**I.3.1.4- Modules de déformation longitudinale du béton :**

**- Module de déformation instantanée :**

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24h:

$E_{ij} = 11000(f_{cj})^{1/3}$  ; pour  $f_{c28} = 25Mpa$  ;  $E_{i28} = 32164,2 Mpa$ .

**- Module de déformation différée:**

$$E_{vj}=3700(f_{cj})^{1/3} ; \text{ pour } f_{c28}= 25\text{Mpa}; E_{i28}= 10818,9\text{Mpa}$$

La déformation totale vaut environ trois fois la déformation instantanée.

**3.1.5- Coefficient de poisson:**

$$\nu = (\Delta d/d) / (\Delta L/L).$$

Avec:

( $\Delta d/d$ ): déformation relative transversale.

( $\Delta L/L$ ): déformation relative longitudinale.

Il est pris égal à 0,2 pour E.L.S (béton non fissuré)

à 0 pour E.L.U (béton fissuré)

**I.3.2- Les Aciers :**

L'acier est un alliage (fer + carbone) en faible pourcentage ; les aciers pour le béton armé sont ceux de:

-Nuance pour 0.15 à 0.25% de carbone.

-Nuance mi-dure et dure pour 0.25 à 0.40% de carbone.

Dans la pratique on utilise les nuances d'aciers suivants:

- Acier naturel (fe E 215, fe E 235)

- Acier à haute adhérence (fe E 400, fe E 500)

-Treillis soudés de maille (150 x 150) mm<sup>2</sup> avec  $\varnothing = 3,5$  mm (T.S.L fe E500)

- le module d'élasticité longitudinal de l'acier est pris égal à:  $E_s=200\ 000$  Mpa

**I.3.2.1- Diagramme déformation- contrainte de calcul :**

$$\sigma_s = f(\varepsilon\%)$$

Dans les calculs relatifs aux états limites, on introduit un coefficient de sécurité  $\gamma_s$  qui a les valeurs suivantes:

$\gamma_s=1.15$  cas général.

$\gamma_s=1.00$  cas des combinaisons accidentelles.

Pour notre étude, on utilise des aciers Fe E400.

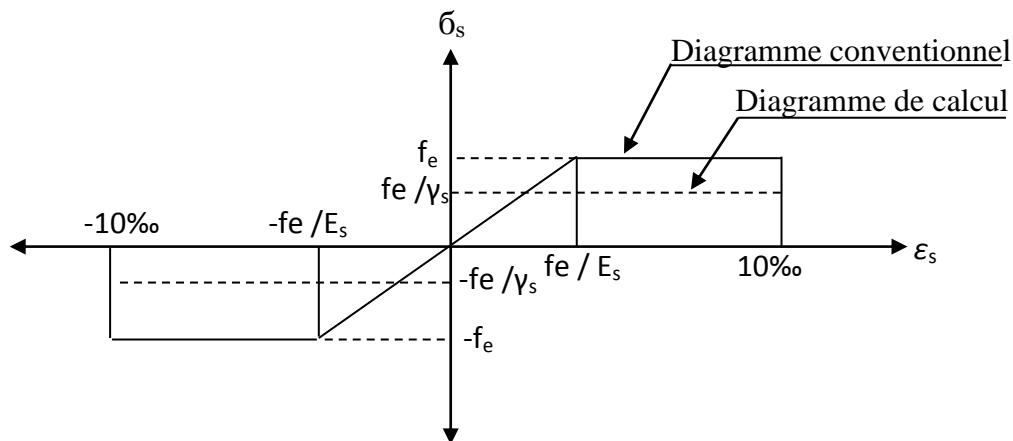


Figure I.3- Diagramme de déformations – contraintes.

**I.3.2.2- Contraintes limites de traction des armatures:**

Fissuration peu préjudiciable.....  $\overline{\sigma}_{st} \leq f_e$  pas de limitation

Fissuration préjudiciable.....  $\overline{\sigma}_{st} = \min (2/3f_e; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{ij}} )$  Mpa.

Fissuration très préjudiciable.....  $\overline{\sigma}_{st} = \min (0.5f_e; 90 \sqrt{\eta \cdot f_{ij}} )$  Mpa.

η: coefficient de fissuration.

- $\eta = 1$  Pours ronds lisses
- $\eta = 1,6$  Pour hautes adhérences avec  $\varnothing \geq 6\text{mm}$
- $\eta = 1,3$  Pour hautes adhérences avec  $\varnothing < 6\text{mm}$

**- Poids volumique:**

-Béton armé..... $\gamma_b=25 \text{ KN/m}^3$

-Béton non armé..... $\gamma_b=22 \text{ KN/m}^3$

-Acier..... $\gamma_b =78,5 \text{ KN/m}^3$

**I.4- Etats limites :**

Selon les règles **B.A.E.L 91**, on distingue deux états de calcul :

-Etats limites ultimes de résistance **E.L.U.R**

-Etats limites de service **E.L.S**



**I.4.1- E.L.U.R :**

Il consiste à l'équilibre entre les sollicitations d'actions majorées et les sollicitations résistants calculées en supposant que les matériaux atteignant les limites de rupture minorée, ce qui correspond aussi aux règlements parasismique algériennes R.P.A 99 (version 2003). On doit par ailleurs vérifie que l'**E.L.U.R** n'est pas atteint en notant que les actions sismiques étant des actions accidentelles.

**I.4.1.1- Hypothèses de calcul :**

- les sections planes avant déformation restent planes après déformation.
- pas de glissement relatif entre les armatures et le béton.
- la résistance du béton à la traction est négligée.
- la raccourcissement du béton est limite à:  
 $\varepsilon_{bc} = 3,5\text{‰}$  en flexion composé.  
 $\varepsilon_{bc} = 2\text{‰}$  en compression simple.
- l'allongement de l'acier est limite à :  $\varepsilon_{bc} = 10\text{‰}$

- les diagrammes déformations contraintes sont définis pour:

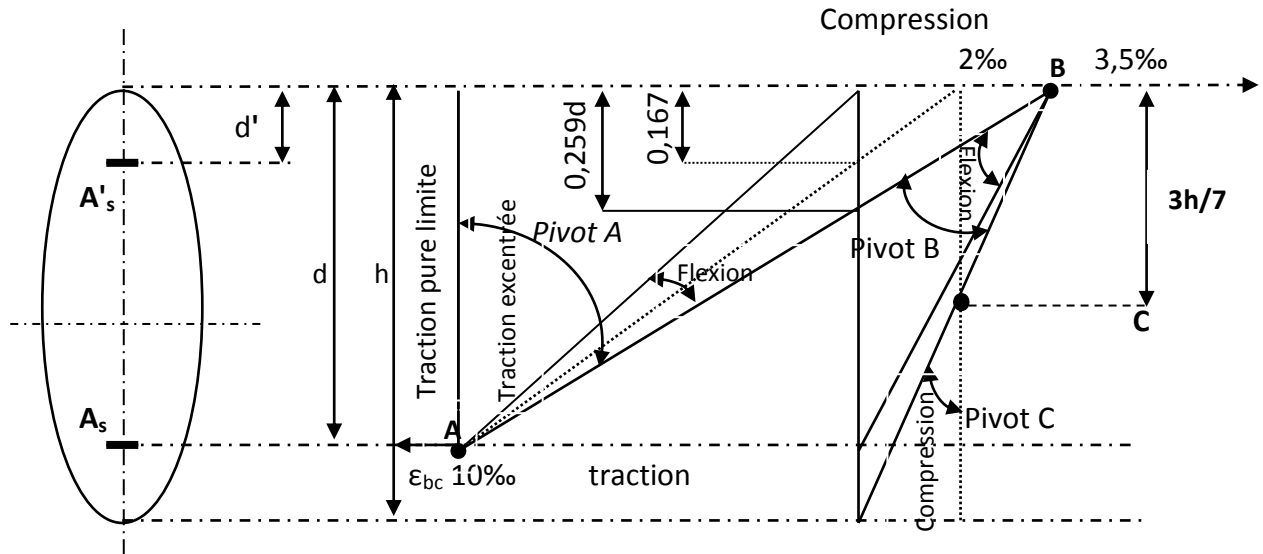
- Le béton en compression.
- L'acier en traction et en compression.

**I.4.1.2- Règles des trois pivots :**

On fonction des sollicitations normales la rupture d'une section en béton armé peut intervenir :

- Par écrasement du béton comprimé.
- Par épuisement de la résistance de l'armature tendue.
- les positions limites que peut prendre le diagramme des déformations sont déterminées à partir des déformations limites du béton et de l'acier.
- la déformation est représentée par une droite passant par l'un des points **A**, **B** ou **C** appelés pivots.

Pivot	Domaine	Déformations limites du pivot considéré
<b>A</b>	<b>1</b>	Allongement unitaire de l'acier $10\text{‰}$
<b>B</b>	<b>2</b>	Raccourcissement unitaire du béton $3,5\text{‰}$
<b>C</b>	<b>3</b>	Raccourcissement unitaire du béton $2\text{‰}$



**Figure I.4- Diagramme des déformations limitées de la section**

**- Règles des trois pivots -**

**I.4.2- E.L.S:**

Il consiste à l'équilibre des sollicitations d'actions réelles (non majorées) et les sollicitations résistances calculées dépassant des contraintes limites.

**I.4.2.1- Hypothèses de calcul :**

- Les sections droites restent planes
- Il n'y a pas de glissement relatif entre les armatures et le béton
- le béton tendu est néglige
- Les contraintes sont proportionnelles aux déformations.

$$\sigma_{bc} = E_b \times \epsilon_{bc} \quad ; \quad \sigma_s = E_s \times \epsilon_s$$

-Pour convention  $\eta$  correspond au rapport du module d'élasticité longitudinale de l'acier à celui béton.

$$\eta = E_s/E_b=15 \text{ «coefficient d'équivalence ».}$$

**I.4.2.2- Sollicitation du calcul vis-à-vis des états limites :**

**• Etat limite ultime :**

Les sollicitations de calcul sont déterminées à partir de la combinaison d'action suivante :

$$1,35G+1,5Q$$

**• Etat limite de service :**

Combinaison d'action : G+Q

-Les règles parasismiques algériennes ont prévu les combinaisons d'actions suivantes:

$$\left\{ \begin{array}{l} G+Q\pm E \\ G+Q\pm 1,2E \\ 0,8G\pm E \end{array} \right. \quad \text{Avec:} \quad \left\{ \begin{array}{l} G: \text{ charge permanente} \\ Q: \text{ charge d'exploitation} \\ E: \text{ effort de séisme} \end{array} \right.$$